República Oriental del Uruguay

ANALES

DE

LA UNIVERSIDAD

Entrega N.º 120

Administrador: MANUEL BABÍO

SUMARIO · «Endocrinología y derecho penal». — «Eutanasia y homicidio por compasión», por Luís Jiménez de Asúa. —Conferencia pronunciada en la Universidad de Montevideo, por el doctor Ricardo Foster. — «Lecciones de física farmacéutica», por el farmacéutico Matías González. — «El problema del azúcar», por el profesor Domingo Giribaldo.

AÑO 1927

MONTEVIDEO

IMPRENTA NACIONAL
1927

ANALES DE LA UNIVERSIDAD

AÑO XXXVII | MONTEVIDEO 1927 | ENTREGA N.º 120

ENDOCRINOLOGÍA Y DERECHO PENAL
EUTANASIA Y HOMICIDIO POR COMPASIÓN

DOS CONFERENCIAS PRONUNCIADAS
EN LA
FACULTAD DE DERECHO DE LA UNIVERSIDAD DE MONTEVIDEO
EN JUNIO DE 1925

POR

LUIS JIMÉNEZ DE ASÚA
Catedrático de Derecho Penal en la Universidad de Madrid

ENDOCRINOLOGÍA Y DERECHO PENAL

ADVERTENCIA LEAL

Soy poco amigo de fórmulas consagradas, y por ello habéis visto que comencé mis conferencias sin hacer un llamamiento a vuestra benevolencia. Contaba, desde luego, con ella. Pero hoy, no por fórmula alguna, sino por imperativo de conciencia científica, debo solicitar de vosotros que subrayéis con trazo más visible esa actitud afectuosa con que hasta ahora habéis escuchado mis disertaciones. Aunque por vocación, incluso por relaciones de familia, los estudios médicos han despertado siempre en mí los más superlativos entusiasmos, no hay más remedio que confesar que un jurista, formado en los métodos del derecho, penetra siempre con vacilante paso en el área de otras ciencias, sobre todo las que tienen carácter tan experimental como la Medicina.

Voy a hablaros hoy de una serie de problemas que salen del campo del derecho y levantan su vuelo por cima del área jurídica, para ir mirando otras perspectivas más fecundas. Voy a ocuparme en asuntos que no pertenecen de manera directa a los paisajes que el jurista contempla de ordinario. Hé ahí por qué me he permitido comenzar solicitando de vosotros una mayor bondad.

I. — Las nuevas concepciones biológicas ante las ciencias penales

1. — BIOLOGÍA Y ESCUELA POSITIVA

a) Las ideas imperantes a mediados del siglo XIX: La selección y la lucha por la existencia

Cuando la escuela positiva adviene al mundo, no sólo se asienta sobre una base filosófica de todos conocida y que le da nombre y abolengo, sino que, ante todo y sobre todo, quiso ser, por así decirlo, un jirón de la Biología. Pero entonces, se hallaba vigente en el mundo biológico una serie de principios, en los que la escuela de Lombroso se basó. Eran las épocas en que en el mundo se habían acogido, con un gesto entusiasta, las ideas de la evolución y la lucha por la existencia. Los positivistas penales no tienen que hacer, por tanto, esfuerzo alguno para encontrar el antecedente de la defensa social en esas teorías imperantes, que circulaban por el ambiente con logro máximo. La selección y la adaptación que Darwin patrocinaba, influyeron poderosamente en la escuela positivista penal, que quiso hacer de las penas un arma para conseguir la eliminación del delincuente incorregible y la adaptación al medio del que era susceptible de reforma. Sin embargo, no se olvide que Lombroso rechazaba el supuesto de que su obra no fuera más que un capítulo del darwinismo.

b) *Las modernas direcciones biológicas y las revisiones que imponen en la doctrina del positivismo penal italiano*

Pero esas ideas, que en el ámbito biológico habían encontrado entonces una fuerza indestructible, al parecer, se corrigen con los métodos que la centuria actual inaugura en el campo científico. La Biología de hoy, sobre todo en sus problemas más importantes y básicos, es bien distinta de la Biología del siglo XIX. No quiero con ello señalar una fisonomía peculiar del siglo XX, como quiere en España José Ortega y Gasset, hablando de que en los temas de nuestro tiempo hay como un perfil propio que los distingue de todas las concepciones de la pretérita centuria. Pero es un hecho, a mi juicio, ya ratificado, que las correcciones en el método y en las exploraciones biológicas han dotado a esta ciencia, en el siglo que corre, de unas características diversas a las que quiso imprimirle la pasada época.

En la segunda mitad del siglo anterior se llegaba siempre, bien por las vías señaladas por Darwin o por aquellas que Lamarck descubrió, a definir la vida esencial como lucha y adaptación al medio. Pero el mecanismo era por demás simplista. La concepción de un medio único, en el que estaban como inmersos todos los seres, parece hoy caediza y en el otoño de su vigencia. Ahora los más recientes biólogos, como Roux, como Driesch, como Pavlov, abandonan la idea de la lucha por la existencia y la ingenua pesquisa de la unidad orgánica en el cuerpo aislado, frente a un medio homogéneo e idéntico para todos.

Así queda destruída la inmensidad de la importancia que los entomólogos atribuyeron a los fenómenos de mimetismo y homocromías, muy bien explicados por los verdaderos darwinianos, mediante la teoría de la selección. Tomemos como ejemplo del primero el lepidóptero asiático *Kallima inachus*, que por su forma, color y dibujo recuerda una hoja seca. Los elementos en que se funda la similitud son tres: la forma, el dibujo y el color. Los secuaces de Darwin piensan que

la mayoría de los ejemplares de esta especie sólo tendrían uno de esos caracteres de semejanza y no estarían defendidos contra las agresiones. Esporádica y casualmente, algunas de estas mariposas reunirían en sí todos esos caracteres, — forma, color y dibujo, — y como de esta manera podrían defenderse mejor de los ataques de los pájaros, perduraron, a diferencia de las otras, que no reunían todos los elementos defensivos, y fueron feneciendo en las luchas por la alimentación. Así es como — para los darwinianos — se fué, poco a poco, fijando el tipo, y apareció constituído ya el de la *Kallima inachus,* tal y como hoy lo estudian los entomólogos.

Sin embargo, si nos acercamos a explorar este hecho con ademán desinteresado y sin las encendidas adhesiones del entomólogo, nos encontramos con que este fenómeno de mimetismo parece tener poco valor en la perdurabilidad de las especies. En la misma área de distribución en que la *Kallima* vuela, viven numerosas especies de *Papilios,* de seductores y atractivos coloridos, que son más comunes y numerosos que el lepidóptero pretendidamente protegido por su semejanza con las hojas secas, a pesar de que su llamativa coloración les hace presa fácil de los enemigos.

Todavía hay otro elemento que han manejado a su placer los entomólogos: la homocromía, de la que hablan con un simplismo inadmisible. Les basta que un insecto sea verde, para considerarlo homócromo, ya que las hojas y las yerbas en que vive son verdes también. Pero aparte de que — como bien saben las señoras — no hay nada que detone más sobre un color que un pedazo del mismo color, y de otra tonalidad, se necesita además, como han creído algunos entomólogos de buena fe, un cierto instinto del animal para situarse en los medios en que ese colorido le es propicio. Así, por ejemplo, el *Oedípoda coerulescens,* que es un insecto de alas azules, cuyos élitros tienen distinto colorido, tirando a gris oscuro, gris amarillento y gris rojizo, según las variedades que la especie presenta, se reparten según estas tintas habitando zonas homócromas. Para ello habría que suponer en él una especie de intuición genial que le hiciera situarse en los dis-

tintos lugares propicios a su ocultación, y yo he visto saltar, sin preocuparse para nada de la homocromía, a los diferentes ejemplares de tonalidades en hojas de colores diversos y contrapuestos a los suyos.

Estas interpretaciones de defensa morfológica y cromática tienen una base errónea: la ingenua concepción aludida de considerar un medio homogéneo para todos los seres, o, mejor dicho, suponer que todos los organismos tendrían una representación del mundo exterior idéntica a la del hombre, cosa que dista mucho de la realidad. El mundo del hombre es distinto al del ave y al del insecto, y lo que el ojo humano no percibe, lo descubre rápidamente el pájaro, que se arroja sobre los pequeños animales que la pupila nuestra no acierta a ver. No quiero decir con esto, como algunos exaltados adversarios de Darwin, que el evolucionismo esté totalmente muerto, y me parece que la frase con que comienza su obra Jacobo Von Uexküll, es en demasía exagerada. Hay que borrar el darwinismo — dice Von Uexküll — de la serie de teorías científicas. Creo mejor afirmar con Morgan, que la doctrina evolucionista conserva una importante significación, pero sin aquel prestigio ambicioso con que fué concebida por sus partidarios al comienzo.

Las ideas biológicas que hoy parecen imperar, tienden a reconocer para cada animal un mundo propio. Para designar ese mundo producto del organismo intentó Von Uexküll introducir la palabra "mundo circundante", (Umwelt), que aclaró luego con otra técnica, hablando de un "mundo perceptible" (Merkwelt), con el que quiere significar que para cada animal hay un mundo especial que se compone de las notas distintivas recogidas por él del mundo exterior y que se completa por el "mundo de efectos" (Wirkungswelt), que abarca aquellos objetos a los cuales está acomodado su aparato de locomoción y alimentación. Observando la vida de los seres, se descubre que muchos seres que viven en el mismo mundo de efectos, poseen mundos perceptibles totalmente diversos. Claro está que esa similitud entre los animales y las cosas, entre las ramas de ciertos vegetales y las formas

de algún ortóptero, responde a un proceso intuitivo del conocimiento. El hombre, ordinariamente, compara los objetos que le son desconocidos con otros que ya conoce. Además, sería injusto negar que a veces esas formas, coloridos o dibujos, pueden favorecer a los insectos y animales, poniéndoles a salvo de algunos ataques. Pero también hay que reconocer que estas defensas morfológicas, con las que tanto se ha jugado en los terrenos biológicos, desempeñan un papel secundario en la vida y la muerte de las especies.

A mí me falta autoridad para poder definir en este asunto de la biología. Sin embargo he querido subrayar su importancia para el Derecho Penal y la Criminología. Las ideas lombrosianas fueron edificadas sobre las antiguas concepciones del evolucionismo y los viejos conceptos de la herencia, y así Lombroso, cuando construye su tipo delincuente, lo hace creyendo en la existencia de una serie de caracteres somáticos y psíquicos, explicables principalmente por atavismo. Las nuevas doctrinas biológicas han conmovido profundamente el edificio de los antropólogos criminalistas. Pero yo creo, no obstante, que aun cuando la Biología vaya con mano rápida trazando nuevas ideas y concepciones, la escuela positivista penal conservará intacto el arsenal de sus consecuencias especialistas y seguirá, durante mucho tiempo, erecto y firme el principio de que el Derecho Penal debe tener como fundamento y finalidad la defensa social.

Expuesto ya el significado de las nuevas direcciones biológicas, quiero ocuparme en destacar el valor de determinadas doctrinas de la Biología en las ciencias penales. La primera es la herencia mendeliana, que expondré muy brevemente, por no ser el objeto primordial de mi conferencia.

2. — Mendelismo y antropología criminal.

Juan Gregorio Mendel, religioso agustino y abad del Königskloster de Brünn, tiene el alto mérito de haber trazado seguras y demostradas leyes sobre la herencia. Aunque sus geniales experimentos se realizaron por los años 1857 a 1868,

su labor original pasó inadvertida hasta que en 1900 fué desenterrada por otros investigadores

He aquí, por vía ejemplificadora, una de las experiencias de Mendel que le sirvieron para sentar sus ya famosas leyes: Si se cruza el guisante de olor vulgar, que tiene de seis a siete pies de altura, con su forma enana, que sólo tiene de tres a cuatro pies y medio de alto, se consiguen en la primera generación descendientes que, sin excepción, tienen de seis a siete pies de altura. En la segunda generación una cuarta parte de la descendencia es enana y tres cuartas partes poseen la magnitud normal de seis a siete pies. Si se siguen cruzando entre sí los enanos, no se originan nunca más que enanos; son, por lo tanto, de raza pura. De los descendientes grandes de la primera generación un tercio es de raza pura, esto es, su descendencia sigue siendo permanentemente grande Por lo tanto, ya en la segunda generación la mitad de la descendencia ha vuelto a caer en la raza pura de los padres. Y la otra mitad es de raza mezclada, esto es, su descendencia se descompondrá siempre en la misma proporción: una cuarta parte puramente enana, otra cuarta parte puramente grande y una mitad mezclada, y así en adelante de generación en generación. A la propiedad que en los ejemplares de raza mezclada determina el hábito exterior, se la llama dominante, y a la propiedad oprimida se la designa como recesiva. En el caso expuesto, la forma grande de los guisantes es la dominante y la forma enana la recesiva.

Mendel investigó además con otros caracteres: el color y la forma, y los experimentos se han proseguido en los animales: ratones, gallinas. etc.

Es dificilísimo comprobar las leyes mendelianas en la raza humana, no sólo por la imposibilidad de emprender experimentos dadas las conveniencias sociales de la civilización y por la insuficiencia de los datos que poseemos sobre la frecuencia de la aparición de un carácter determinado dentro de una misma familia durante varias generaciones, sino principalmente porque la raza humana es de la más fuerte bastardía: durante siglos y siglos se ha cruzado arbitrariamente y sería imposible obtener líneas puras.

Los que quisieran sacar ya consecuencias firmes para la Antropología Criminal, se lanzarían por una vía inexplorada. No sabemos cómo se heredan los caracteres psíquicos, ni siquiera si hay herencia de la mayoría de ellos. Según W. Castle, entre los caracteres hereditarios cuyo modo de trasmisión se desconoce, figuran los que se refieren a las tendencias y sentimientos y al campo mental, como la capacidad mental general, memoria, temperamento, algunas formas de epilepsia y locura, etc. La cuestión se complica con los caracteres adquiridos, cuya herencia parece improbable.

Todo lo que podemos deducir de las nuevas investigaciones sobre la herencia para la Antropología Criminal, es que se precisa marchar con gran prudencia. Aquellas medidas como la esterilización de los delincuentes incorregibles, admitida en Norte América sobre la base hereditaria de la criminalidad, deben ser suprimidas o al menos paralizadas, mientras las experiencias de solución no se hallen más demostradas. Es preciso que aguardemos, los penalistas que no somos biólogos, a que los investigadores logren nuevas conquistas en el campo tan poderosamente iluminado por las leyes de Mendel.

3. — Endocrinología y delincuencia

Una seductora teoría médico biológica, que ya cuenta con algunos años de próspera vida, es la llamada *Endocrinología o doctrina de las secreciones internas*, que se ha aplicado a nuevas interpretaciones del tipo delincuente y algunos otros problemas penales, afirmando ciertas tesis de los positivistas y rectificando otras.

Yo no puedo pretender absoluta originalidad en este asunto. La idea de injertar en el área penal las teorías endocrinológicas, ha sido por otros escritores iniciada y cumplida. Comparten mis preferencias en esta sagaz tarea finos espíritus italianos y alemanes. En Italia han escrito sobre este tema tan prometedor: Nicolás Pende, en su folleto sugestivo *Dalla Medicina alla Sociologia,* Palermo, Prometeo,

1921, y en su bien escrito artículo *Le applicazioni dell'endocrinologia allo studio dei criminali,* publicado en La Scuola positiva, nueva serie, año III (1913), págs. 145 y siguientes; Salvador Ottolenghi, en su precioso trabajo *L'analisi moderna della personalitá umana in endocrinologia e in antropologia criminale,* que vió la luz en *Riforma medica,* N.° 44, año 1922; y José Vidoni, que primero escribió su *Contributo allo studio delle disforme endocrine,* en el *Archivio di antropologia criminale,* vol. XLI (1921), págs. 438 y sigs., y que últimamente ha impreso el primer libro monográfico publicado sobre esta cuestión bajo el título de *Valore e limiti dell'Endocrinologia nello studio dei delinquente* (con prefacio de Pende), Turín, Bocca, 1923. En Alemania se ha ocupado en el problema Göring, en su breve artículo *Der West der neuen Forschungen auf dem Gebiete der inneven Sekretion für die Kriminal - psychologie,* que ha sido editado en el *Archiv für Kriminologie,* vol. LXXIII (1921), págs. 243 - 246. Otros muchos escritores han explorado de manera más o menos directa las relaciones de la doctrina endocrinológica con los delitos y los delincuentes. Sería injusto omitir los nombres de Buscaino, Berman, M. Carrara, Du Greco, De Sanctis, Gaupp, Gatti, Kretschmer, Landogna - Cassone, Lattes, Lúgaro, Masini, Papillant, Schraenen, Timme, etc.

En España he venido aplicando los descubrimientos de la endocrinología al Derecho Penal, desde 1921, en mis lecciones de cátedra y en algunas de mis obras editadas desde esa fecha y, sobre todo, en mis conferencias dictadas hace dos años en la Universidad de Buenos Aires. Uno de mis más inteligentes discípulos, Antonio Sacristán y Colas, seducido por las ideas que yo exponía en mi cátedra, compuso el año 1922 un bien cimentado trabajo sobre este asunto, que con el título de *Aportación de la doctrina de las secreciones internas a la Criminología* verá la luz en el tomo correspondiente al curso 1921-1922 de mis *Trabajos del Seminario de Derecho Penal.* El doctor Salvador Pascual, claro y estudioso médico - legista, ha publicado hace muy poco un folleto encantador, en que este tema se toca de nuevo entre nosotros. Su estudio *La aportación de la Medicina a la Criminología,* im-

preso en *Estudios Médicos,* 1924, N.º XIV, correspondiente al mes de mayo, ha sido editado separadamente.

Este gran problema de las relaciones del Derecho Penal con la Endocrinología, es el asunto de la presente conferencia y he de desarrollarlo explorando aquellos sectores en que los dos asuntos se tocan en más extensa línea: el tipo delincuente, la criminalidad de la mujer y el homosexualismo. Pero antes se impone una previa ojeada sobre la doctrina endocrinológica y su significado para la morfología y la psicología humanas.

II. — La Endocrinología y el Derecho Penal

A) LA DOCTRINA DE LAS SECRECIONES INTERNAS

1. — Las glándulas de secreción interna

Desde que Claudio Bernard y Brown-Séquard perciben el funcionamiento de las glándulas de secreción interna, en su verdadera importancia, la doctrina endocrinológica inicia un período de ascenso y de desarrollo sorprendentes. Hace pocos años el auge insospechado cobró tanto vuelo, que desbordó los límites de lo previsto. Hoy la teoría ha recobrado proporciones normales, reduciendo su ambiciosa trayectoria; pero el área de la endocrinología permanece aún como uno de los capítulos más seductores de la biología y de la medicina modernas.

En España, el doctor Gregorio Marañón, uno de los hombres que entre nosotros destacan con más claro relieve, ha explorado con sin par acierto, el vasto campo de la endocrinología y ha vivido la juventud de la doctrina con su propia juventud. Sus trabajos insuperables, cincelados en un estilo de elegante perfección, han enriquecido la bibliografía endocrinológica y han señalado seguros rumbos en considerables problemas. A la lectura de sus obras sugestivas debo la inquietud que me ha llevado a estudiar el asunto que hoy presento ante vosotros.

2. — Su significación

a) En la constitución morfológica

Nadie discute hoy ya el grande influjo que las glándulas de secreción interna — tiroides, hipófisis, suprarrenales, glándulas paratiroideas, glándulas genitales, timo, glándula pineal, etc., — ejercen en los varios períodos de la evolución del individuo sobre el crecimiento del cuerpo, vertiendo en la sangre, en cantidad variable, según las necesidades orgánicas, los productos de acción trofo - reguladora u *hormonas,* las cuales obran sobre los procesos vitales, es decir, sobre los procesos anabólicos y metabólicos de los tejidos, según escribe Pende, como el registro de un reloj, de manera que podríamos llamar a las glándulas endocrinas verdaderos *registros del reloj de la vida.*

b) En la personalidad psíquica del sujeto

Pero las modernas investigaciones de la endocrinología demuestran que las hormonas de las glándulas endocrinas no sólo influyen sobre la constitución y la forma armónica del cuerpo, sino que toman también parte esencial en la constitución del espíritu, de tal manera que — como Pende dice — de la distinta fórmula endocrina individual, depende en último término, la personalidad psíquica de todo sujeto. Desde este punto de vista se halla mejor demostrada la influencia estimulante del tiroides y de las glándulas suprarrenales y sexuales, que la de los otros órganos endocrinos. Es indudable, pues, que entre la morfología y el carácter hay íntimas relaciones, que ha analizado Kretschmer con gran maestría en su interesante libro.

Ya Parhon había señalado, acaso por vez primera, la hipótesis de una dependencia entre las glándulas de secreción interna y los fenómenos degenerativos, somáticos y psíquicos, que con tanta frecuencia se observan en los enfer-

mos de la mente. El más detenido y amplio estudio de esas influencias en la personalidad psíquica, ha hecho trascender la Endocrinología del campo médico-biológico al área psicosociológica. Nicolás Pende, el endocrinólogo de Bolonia, ha publicado en 1921 un sugerente folleto, en que, bajo el título *Dalla Medicina alla Sociologia* pone bien de manifiesto el alto significado que tienen los estudios de secreciones internas para los asuntos psicológicos. En España, Gregorio Marañón promete, desde hace tiempo, un trabajo, que aguardamos con singular impaciencia, sobre el "factor endocrino en la emoción".

Yo que, como dije, he utilizado ya, de manera dispersa, estas modernas investigaciones en el Derecho Penal, quiero ahora completar mi trabajo, ofreciéndolo con una cierta unidad orgánica.

B) ENDOCRINOLOGÍA Y TIPO DELINCUENTE

La teoría del tipo criminal construída por Lombroso

César Lombroso acaba su construcción del tipo criminal en las últimas ediciones de su *Hombre delincuente;* pero no llega a dar por conclusa su teoría, sino a través de dudas y tanteos. La primitiva explicación de la delincuencia nata, fué el atavismo; luego se integra con la locura moral y, finalmente, al preparar Lombroso la tercera edición de su obra, descubre el fuerte parentesco entre los delincuentes y los epilépticos. Así surge apoyada en esos tres elementos la etiología del criminal nato. El pensamiento de César Lombroso ha sido reducido a una fórmula concreta y clara por el gran psiquiatra y criminalista germánico Näcke: el delincuente, propiamente dicho, es *nato;* idéntico al *loco moral;* con base epiléptica; explicable por *atavismo,* y formando un *tipo biológico y anatómico especial.*

La doctrina del tipo delincuente ha sido corroída por la crítica. La mayor parte de los penalistas italianos la condenan, y la repulsa se manifiesta con viveza en Francia,

Alemania y Dinamarca. Pero no están en lo cierto los que piensan que se halla definitivamente enterrada. En Italia, De Sanctis, Morselli, Patrizi, Del Greco y Ferrari, prosiguen los estudios antropológicos del hombre criminal, y el último de los citados dirige sus investigaciones a los menores delincuentes. Mariano L. Patrizi, a pesar de decir que ha pasado definitivamente el período osteológico, el de las orejas en asa y de las grandes mandíbulas, mantiene la tendencia antropológica, si bien marcando una certera ruta biopsicológica, que ya señaló en España Rafael Salillas y que sigue en el Perú Oscar Miró Quesada. En Norte América se conducen con singular empeño los estudios de Antropología en delincuentes y prostitutas, por Bronner, Goddar, Edith L. Spaulding y otros muchos. Finalmente, accediendo al pedido que hizo Lombroso, poco antes de su muerte, los Gobiernos de Inglaterra y Bélgica encargaron a Gôring y Vervaeck, respectivamente, que analizaran las ideas lombrosianas, con todo género de observaciones y estadísticas. El primero no cree en la existencia de un tipo anormal de delincuente, rechazando la existencia del "Monstruo antropológico"; pero arriba a conclusiones que Lombroso hubiera suscrito. Se podría resumir el pensamiento de Göring, diciendo que el delincuente es un hombre normal con defectos físicos, mentales y morales especiales, que le inclinan al crimen. Concretamente afirma que "todo el peso de la delincuencia reside en la constitución", cuya importancia en la etiología del delito es muy superior a la de las condiciones del medio ambiente. Göring, en fin, cree que la "criminalidad es un fenómeno hereditario". Vervaeck no ha publicado aún su encuesta, basada sobre el estudio de 20.000 reclusos y 1.000 hombres honrados; pero bien pronto verá la luz en el *Sillabo dell'Antropologo* que publicará la casa Bocca de Turín. De las noticias que nos avanza Gina Lombroso de Ferrero, se deduce que las observaciones del insigne belga corroboran las doctrinas lombrosianas en lo que tienen de esenciales.

La Endocrinología ha sido puesta a contribución para explicar los estigmas de la criminalidad nata. Permitidme que, con todo detalle, me refiera a estos estudios y que ponga, sobre ellos, un comento imparcial.

Los nuevos aportes de la Endocrinología

a) Los tipos delincuentes explicados por la doctrina endocrinológica.

Los estudios de las alteraciones que pueda producir en la morfología humana la hiperfunción de ciertos órganos endocrinos, continuados recientemente por Vidoni, han sido aprovechados para trasladarlos al campo de la Antropología criminal. Así hallarían explicación muchos de los estigmas que Lombroso encontró, en un aumento o disminución de esas elaboraciones íntimas, sin las que nada funcionaría en el ser vivo.

Carrara apunta que ya la intuición popular asignó a los delincuentes sexuales estatura baja y fuerte agresividad genética. La endocrinología ha descubierto en ellos alteraciones en las glándulas pituitaria y sexual. Papollant dijo que, sin caer en el ridículo, se puede hablar de las vinculaciones entre el carácter violento y los actos delictivos, y la secreción del tiroides. Zanzi y Lúgaro escribieron que "es innegable que el hipertiroidismo predispone a la impulsividad, y los basedowianos llegan, sino a una perversión del carácter, a frecuentes desequilibrios afectivos". Y el propio Lúgaro postula la mutilación del tiroides para ciertas especies de criminales. Lattes y Gatti perciben en el delincuente nato desequilibrios hormónicos. Y, en Alemania, Göring ha escrito, como dije, sobre el valor de las secreciones internas para la psicoantropología criminal.

Pero, en mi sentir, ninguno ha concretado mejor que N. Pende el significado endocrinológico de los tipos delincuentes. He aquí sus palabras textuales:

"Y así entramos — escribe el profesor de Bolonia — en un campo que tanto ha fatigado hasta ahora, después de Lombroso, las mentes de los médicos, de los antropólogos, de los sociólogos, el de la antropología criminal y el problema del hombre de genio.

"El análisis endocrinológico de los varios tipos de delin-

cuentes, hoy apenas iniciado, demuestra (como ya hacía notar algunos años antes Mario Carrara) una gran frecuencia de anomalías morfológicas, que estamos acostumbrados a encontrar en los tipos endocrinopáticos, es decir, en aquellos sujetos que están afectados de alteraciones de las glándulas de secreción interna.

"Son frecuentes, sobre todo, los caracteres de hipertiroidismo y los de hiperpituitarismo, a los que podemos añadir señales de secreción interna genital alterada.

"El desarrollo exagerado del esqueleto y del rostro, especialmente de los zigomas y de la mandíbula, la longitud exagerada, casi simiesca, de las extremidades superiores, o el grosor anormal de las manos y de los pies, el cutis espeso y untoso, tal vez también la hiper y la hipoalgesia cutánea, notas que se encuentran no raramente en ciertas categorías de delincuentes, son todas notas somáticas propias de los sujetos que tienen una hiperfunción, congénita o adquirida, de la glándula pituitaria, glándula cuyas relaciones con las funciones psíquicas y máxime con las potestades inhibitorias, y con el desarrollo del sentido moral, hemos señalado ya brevemente.

"Aún más frecuentes en los criminales, máxime en los pasionales e impulsivos, son los estigmas somáticos y psíquicos de la excesiva funcionalidad tiroidea, como la hipertricosis total o el exagerado desarrollo del pelo, especialmente en las cejas, los cabellos espesos, revueltos, y difícilmente peinables, el ojo saltón, brillante, encendido, la taquicardia, la gran vivacidad de los reflejos vaso - motores, tan bien estudiada, en algunos delincuentes célebres, por Patrizi; y del lado psíquico, la gran inestabilidad del humor, la gran emotividad, la inquietud cerebral, la impulsividad, todos caracteres propios de los sujetos hipertiroideos.

"La existencia de este *habitus* hipertiróidico, en muchos delincuentes, ha penetrado hasta tal punto en los psiquiatras modernos, que nuestro ilustre psiquiatra siciliano Ernesto Lúgaro ha propuesto curar a estos criminales con la resección parcial de la glándula tiroides.

"Bastará que yo señale, simplemente, la influencia que

las anomalías de la secreción interna genital, máxime en ciertos períodos críticos de la vida, pueden ejercer en el determinismo de los delitos sexuales y pasionales, influencia de la que es una prueba la frecuencia, en los criminales sexuales, de estigmas de hipergenitalismo o de heterosexualismo, es decir, de notas masculinas en las mujeres criminales, y de notas femeninas en los criminales varones.

"Estos pocos hechos representan las primeras líneas de orientación de todo un nuevo capítulo de antropología criminal que, no sólo teóricamente, sino quizá también prácticamente, se presenta muy prometedor. Entretanto, tales hechos nos permiten comprender uno de los lados, que hasta ahora permanecía siendo el más enigmático, de la doctrina lombrosiana, es decir, la relación entre ciertas anomalías somáticas de los delincuentes y sus especiales anormalidades psíquicas, relación cuya causa fisiológica podemos situar hoy, al menos para los casos más demostrativos, en el desequilibrio de funciones de órganos que son reguladores a un tiempo mismo de la morfogénesis de determinadas partes del cuerpo y de la integridad de la vida psíquica, como son, precisamente, los órganos endocrinos."

José Vidoni y Landogna Cassone han recogido, en unos 400 delincuentes y prostitutas, un buen material de datos, y el primero de estos dos escritores ha publicado en 1923 una monografía, ya mencionada, y que es la primera que ve la luz sobre este transcendental problema, en la que, a pesar de sus 125 páginas y su título sugestivo — *Valor y límites de la Endocrinología en el estudio del delincuente* — apenas si se avanza sobre lo que Pende concretó en unos pocos párrafos. Vidoni arriba a estas conclusiones: en los autores de hurtos y en los delitos perpetrados sin violencia, predomina el tipo hipovegetativo. En los reos de robos con violencias en las personas, y en los homicidas, se da más frecuentemente el tipo hipervegetativo. Sin embargo no es raro hallar en los delincuentes violentos por pasión y en los ocasionales el tipo primero, lo cual quebranta lo absoluto de la regla sentada. Los ladrones, falsarios y estafadores suelen presentar alteraciones de los caracteres sexuales. He aquí lo que puede deducir José Vidoni de sus personales pesquisas.

b) *Crítica imparcial*

Los estudios endocrinológicos sobre el tipo delincuente son sugestivos por demás; pero yo he presenciado siempre, con escéptico ademán, el alboroto de los positivistas ante la ruta que pretende abrir la Endocrinología en el área penal. De estos nuevos derroteros emprendidos por la ciencia médico - biológica más puede temer que esperar la construcción del tipo delincuente.

Si las anomalías somáticas se deben a los desequilibrios funcionales de las glándulas de secreción interna, desaparece aquel significado de atavismo y de detención en el desarrollo que Lombroso les dió, utilizando, para sus fines, los fenómenos de ontogenia y filogenia.

C) ENDOCRINOLOGÍA Y DELINCUENCIA FEMENINA

1. — La psicología de la mujer y las glándulas de secreción interna

Los estudios de las secreciones internas vierten nueva luz en todos los problemas de la psicología femenina. Los grandes cultivadores de la Endocrinología han constatado que en la mujer se halla una relativa hiperfuncionalidad del tiroides, y puesto que éste es, en frase de Levi y Rothschild, la "glándula de la emoción", nada tiene de extraño que se halle en el sexo femenino una emotividad infinitamente mayor que en el otro sexo. El tiroides de la hembra está como en un estado de erectismo funcional fisiológico, hasta el punto de que, como dice Pende, a la frase *tota mulier in ovario*, se podría añadir: *et in thyreoidea*, pues una mujer sin ovario permanece psíquicamente más mujer que otra sin tiroides. Es a esta glándula a la que debe principalmente su grande emocionabilidad, la facilidad de respuesta de los aparatos nerviosos de la vida vegetativa y los de la vida de relación a los estímulos internos y externos, su prontitud y vivac-

dad intelectual, la tendencia de los centros de la esfera emotiva y afectiva a rebelarse al control de los centros más elevados, aquellos de la lógica, de la crítica y del razonamiento.

Pero al mismo tiempo y, precisamente, por la hiperfuncionalidad del tiroides, se presentan fases de hiposecreción tiroidea, porque a un esfuerzo de hipersecreción siguen momentos de agotamiento. De aquí que lo que caracteriza mejor aún a la mujer es su inestabilidad psíquica, nacida de esos flujos y reflujos hormónicos. Así se comprende por qué la mujer, cuyo tiroides es mucho más excitable y más activamente funcional que el del hombre, tenga una mayor susceptibilidad para el miedo y la ira.

Nada más certero que estas elocuentes frases de Nicolás Pende: "Cuántos misterios del alma femenina nos serán revelados el día que se conozca a fondo el estado de equilibrio o de desequilibrio del sistema endocrino de la joven adolescente, de la mujer en plena crisis de pubertad o en plena madurez sexual o en la fase borrascosa del climaterio. Para nosotros no tiene duda que la fragilidad psíquica del organismo femenino está esencialmente ligada a la inestabilidad del sistema endocrino simpático de la mujer, sistema sujeto periódicamente a accesos tempestuosos, a crisis más o menos violentas, que del campo del aparato nervioso visceral se extienden al de la vida de relación..."

2. — El embarazo y el período menstrual

La mujer encinta, según las observaciones de Pinarol, experimenta una especie de rejuvenecimiento físico y una suerte de afinamiento de todas las cualidades más bellas del alma femenina: la ternura, la bondad, el espíritu de sacrificio y abnegación, que Pende explica por una hiperfuncionalidad de las glándulas de secreción interna.

Ahora sabemos bien — dice el profesor de Bolonia — que, durante el embarazo, todas las glándulas endocrinas más importantes, como el tiroides, la hipófisis, las suprarrenales, reaccionan con una hiperfunción que, sin duda, es necesaria para la regular constitución somática y ciertamente incluso

para la psíquica del ser que se nutre de la sangre materna. Las más recientes investigaciones hacen suponer, por otra parte, como muy probable, que sea el mismo feto el que, durante toda la vida intrauterina, estimule con sus propias hormonas estas glándulas endocrinas maternas, estímulos que pueden muy bien explicarnos ese rejuvenecimiento físico que presenta el organismo de la madre. Y no es tal vez demasiado audaz el pensar, a la luz de la moderna endocrinología, que a este cambio de hormonas entre la mujer y el fruto de sus entrañas, acompañe también, durante la vida intrauterina, una *"celeste corrispondenza di amorosi sensi"*, una profunda consonancia de vibraciones simpáticas emotivas, que más tarde aparecerán registradas en la conciencia de la madre y del hijo, como imágenes de simpatía instintiva e indestructible, de atracción innata, del más verdadero de todos los amores: el de la madre por el hijo y el del hijo por la madre.

Pero no siempre presenta el embarazo tan bello cuadro. Pueden hallarse en la mujer encinta verdaderos trastornos psíquicos que puedan arrastrarla a la comisión de ciertos delitos, como ya señaló Marcé a fines del pasado siglo.

Las épocas menstruales han quedado también iluminadas por una observación experimental, comprobatoria de lo que ya empíricamente se sabía, incluso por los más alejados de los conocimientos médicos: la irritabilidad y emotividad de las hembras en los períodos de menstruación, en los que no sería raro ver surgir acciones reprobables e incluso delictivas.

Pero de estos estados borrascosos que originan las crisis endocrinas, ninguno mejor estudiado que la menopausia, esclarecida por Gregorio Marañón en su admirable libro "La edad crítica", editado por segunda vez hace pocos meses, con nuevos datos y más perfecta estructura.

3. — Menopausia y delincuencia

a) Psicología de la edad crítica

Convencido el doctor Marañón de que la menopausia no depende simplemente de la insuficiencia de la glándula geni-

tal y que no sólo consiste en la retirada de la menstruación, sino que se trata de un concepto mucho más comprensivo, de una verdadera crisis pluriglandular, la ha designado con el nombre más sagaz de *edad crítica*, que abarca un vasto período de la vida de uno y otro sexo, — ya que, aunque sea mucho más marcada en la hembra, no deja de existir una edad crítica varonil — cuyo núcleo es el ocaso genital, pero en cuyo desarrollo participan todas las actividades orgánicas.

Parece fuera de duda que la menopausia es un período propicio a las emociones. Baste considerar que, en la mayoría de los casos, son factores predominantes de la crisis climatérica el hipertiroidismo y el hipersuprarrenalismo, es decir, los mismos elementos endocrinos que intervienen preferentemente en el mecanismo de la emoción. Ahora, si recordamos que, según hemos dicho, un rasgo típico de las hembras es su carácter emocional, debido a su hiperfunción tiroidea, nos parecerá doblemente certera esta frase de Marañón: ''La psicología de la menopausia es toda la psicología de la mujer, afinada y exaltada por las circunstancias que concurren en la crisis''.

b) El delito pasional de las menopáusicas

Por lo dicho podemos afirmar la posibilidad del delito pasional en la edad crítica, ya que uno de los rasgos psicológicos fundamentales de la mujer que atraviesa el ocaso de la vida sexual es — según Marañón — la emotividad irritable, la inestabilidad emotiva, que llega, en algunos casos, a cambiar por completo el carácter anterior. Todos los estímulos emocionales, la tristeza, la alegría, el miedo, la impaciencia, ponen en vibración, a veces violenta, el organismo de la mujer menopáusica.

c) Adulterio y corrupción de menores en el climaterio

El hipersexualismo que a veces acompaña al climaterio, unido a esos fenómenos de impaciencia e irritabilidad, y un

romanticismo tardío, que no es raro en el ocaso sexual, pueden ser motivo de un delito de adulterio, ya que — como observa el doctor Marañón — cuando la mujer en esta situación orgánica y psíquica vive en un hogar monógamo y no encuentra propicio a trasmitir a su compañero el mismo ritmo de su impulso sexual, puede lanzarse por caminos extraviados para lograrlo. El problema ha sido novelado por la escritora Michaelis, en un sugestivo estudio, traducido al francés, con el título de *La edad peligrosa.*

Podrían hallarse también en la edad menopáusica atentados de corrupción de menores, ya que un aspecto interesante de las afecciones amorosas de la edad crítica es la frecuencia con que el individuo que suscita el sentimiento sexual es de edad inferior a la de la mujer climatérica. No parece que se trate de una aberración desprovista de sentido biológico, sino — como observa Gregorio Marañón — de una tendencia instintiva a buscar en la juventud ajena el calor para la propia decrepitud que se acerca.

d) — Paranoias delincuentes en estado menopáusico

Son posibles también en el climaterio las paranoias, que llevan a veces a la mujer a actos que se hallan bajo una sanción penal. No son raros los estados de erotismo, que pueden llegar a lamentables extremos, como el exhibicionismo, enfocado generalmente hacia un hombre determinado; habiéndose también descrito casos de cleptomanía, etc. También se citan algunos otros de alcoholismo y de tendencia al suicidio, no sólo en la menopausia natural, sino en la artificial producida por castración, en que la ausencia de las hormonas ováricas es la sola responsable de estos trastornos psíquicos, contando siempre con la predisposición nerviosa anterior de la mujer.

4. — La imputabilidad de la mujer en el embarazo, en el período menstrual y en la edad crítica

Si el penalista trata de sacar consecuencias de estas ob-

servaciones, llega a la conclusión de que el embarazo, los períodos menstruales y la crisis del climaterio afectan a la imputabilidad de la mujer. Ya Garraud ha dicho que la responsabilidad podrá ser atenuada, e incluso desaparecer; pero es imposible dar soluciones absolutas. Por ello me parece un absurdo enfrentar la cuestión de un modo total y construir en los códigos normas especiales para la imputabilidad de la mujer.

Creo que la mayor parte de los casos anormales que pueden presentarse, hallarán en las leyes vigentes fórmulas de irresponsabilidad o responsabilidad atenuada en que al jurista le sea dable encuadrar esos estados.

El problema cobra importancia máxima cuando se trata de aplicar el tratamiento adecuado a las hembras que han delinquido por trastornos de su sistema endocrino. Más que imponerles un castigo, incluso atenuado, ha de procurarse el alivio de la mujer por procedimientos opoterápicos, a no ser que el estado peligroso producido por las alteraciones morbosas hiciera urgente su hospitalización y tratamiento en establecimientos destinados a este fin.

D) ENDOCRINOLOGÍA Y HOMOSEXUALISMO

1. — El Homosexualismo como delito

El homosexualismo es la unión carnal entre personas del mismo sexo. No he de entrar ahora en el asunto de las clasificaciones, ni me propongo esclarecer la diferencia psicológica entre el amor socrático (unión de hombres entre sí) y el amor lésbico o sáfico (que es el que se practica entre hembras). Me basta con apuntar que Garnier dividió a los homosexuales en invertidos puros, seudoinvertidos, unisexuales dimorfos o dígamos y polisexuales.

Lo que me interesa ahora subrayar es la consideración delictiva que se ha consignado a estos hechos y que aún se mantiene en modernos documentos legislativos.

En la época en que todos los actos humanos se ponían a

cargo de la voluntad, parecía lógico castigar a los homosexuales, no ya en el caso de que trataran de practicar por la fuerza sus uniones extraviadas, — lo cual está hoy penado con justicia como abusos deshonestos contra el individuo, — sino incluso cuando sus actos contra natura se realizaban libremente entre personas de iguales tendencias o bien mediante un convenio voluntariamente estipulado. En estos últimos casos el castigo tenía lugar en defensa de las buenas costumbres. Pero aún se mantiene en leyes vigentes y en códigos proyectados este viejo criterio de castigar las uniones homosexuales practicadas sin violencia ni engaño.

El Código Alemán que rige aún en el Reich, pena en su párrafo 175 el homosexualismo, y a pesar de las continuas críticas, especialmente de Hirschfeld, esta disposición pasa no sólo al anteproyecto de 1909, sino a los más recientes proyectos de 1919 y 1925. También el proyecto Suizo castiga el homosexualismo, desde sus primitivas redacciones, mereciendo las insistentes censuras de Gautier, que reclamaba la supresión de este precepto. En 1914 la "Sociedad de psiquiatras suizos", reunida en Münsterlingen, acordó, muy atinadamente, en vista del *Rapport* del doctor P. L. Ladame, dirigirse a la Comisión de Peritos que estudiaba el anteproyecto, para hacer constar "que el comercio homosexual no debía ser perseguido como tal, ni castigado con penas por la ley, por entenderse que la homosexualidad verdadera es el síntoma de una aberración sexual psicopática de naturaleza constitucional". Por desgracia todo esto fué inútil, pues el proyecto suizo continúa, en su última redacción de 1918, castigando estos actos en su artículo 169, número 2, párrafo segundo.

Lejos de afirmarse hoy que el homosexual es un delincuente, se procura la búsqueda de interpretaciones científicas, a cuya luz aparece claro que el amor socrático y el amor sáfico no son actos delictivos, sino trastornos psíquicos o endocrinos.

2. — Interpretaciones científicas del homosexualismo

Desde antiguo se ha tratado de hallar la interpretación del homosexualismo y tras de las explicaciones misteriosas, se pasó a las de orden psíquico, para llegar hoy a más correctas soluciones de índole médica. Yo no puedo penetrar en el terreno histórico. Quienes deseen conocer, con toda amplitud, las infinitas teorías que se han formulado sobre el origen de las aberraciones homosexuales, deben consultar el admirable trabajo que con el título de *Amor socrático y amor sáfico,* se ha publicado en lengua portuguesa, en los Archivos de medicina legal de Lisboa.

Sólo voy a ocuparme en comentar las interpretaciones más certeras, modernamente formuladas por Freud y por los endocrinólogos.

a) Doctrina de Freud

Para Freud — el psiquiatra vienés cuyas doctrinas han pasado ya a las discusiones acaloradas de las mesas de café, y cuyo pansexualismo no a todos convence, — las perversiones sociales son reliquias, dejadas en el adulto, de trastornos del desarrollo del instinto sexual infantil. Son las tendencias de la infancia que, no habiendo sufrido modificación aparente notable, subsisten tales como ellas son, y tienen la significación de síntomas de infantilismo en el dominio psicosexual. Los pervertidos lo son por infantilismo del objeto sexual (invertidos, homosexuales), o por infantilismo del fin sexual (fetichistas, corporales o extracorporales, sadistas, masochistas, etc.).

Las perversiones sexuales, en suma, se encuentran en germen en el niño normal, según la teoría freudiana. Todas las fases y circunstancias de la evolución complicada del psicosexualismo infantil, pueden dar nacimiento, por emergencia y fijación ulterior de uno o de varios componentes instintivos sexuales, al desarrollo de las perversiones.

Por mi parte me parece singularmente certera esta explicación, tocante a los pervertidos por infantilismo del fin sexual (fetichistas, sadistas, masochistas, etc.), pero en lo que respecta a los homosexuales me parece harto más demostrativa la interpretación endocrina.

b) *El homosexualismo y la doctrina de las secreciones internas*

En todo ser, hombre o mujer, existen, además de los rasgos morfológicos de su sexo, vestigios de los del sexo contrario, recuerdo de la primera época del feto en que el embrión era bisexuado. La secreción interna de la glándula genital correspondiente — ovario en la mujer; testículo en el hombre — conserva e impulsa los rasgos sexuales específicos; pero otras secreciones internas, probablemente emanadas de la corteza suprarrenal, por lo menos en su mayor parte, (quizás también en la hipófisis), pueden actuar excitando la reviviscencia de los caracteres sexuales contrarios. La energía de las hormonas homosexuales (ovario en la hembra, testículo en el macho), mantiene apagadas las hormonas heterosexuales y da lugar a la mujer morfológica y psicológicamente muy femenina y al hombre muy varonil. Mientras que el estado hormónico inverso, esto es, la relativa debilidad de las hormonas homosexuales, da lugar al hombre afeminado y a la mujer varonil. No basta, pues, uno de los elementos hormónicos para que se verifique la tendencia a la inversión sexual; son precisos los dos. Y así vemos, — dice Marañón, — que en una mujer cuyos ovarios se atrofian, disminuyen los rasgos de la feminidad, produciendo un estado infantil; pero no aparecen los rasgos varoniles como no se hipertrofie la corteza suprarrenal impulsora de los caracteres sexuales masculinos.

Entre otros muchos datos clínicos y experimentales que ponen de manifiesto las relaciones entre las glándulas endocrinas y los caracteres sexuales secundarios, pueden recordarse los resultados obtenidos por Steinach, Lipshütz,

Athías, Voronoff, etc. Experimentando sobre ratones, se ha llegado a masculinizar hembras jóvenes castradas, por transplante de testículos, y se han logrado caracteres femeninos en machos castrados, a los que se les injertó el ovario.

Son muy interesantes las observaciones de Hammond, que narra el sistema seguido por los indios de Nuevo Méjico, a fin de formar sujetos aptos para la pederastía, a los que llaman mujerados. El procedimiento consiste en hacerles correr desnudos durante horas y horas sobre caballos en pelo, lo cual produce una atrofia del testículo, que da por resultado la voz atiplada, la hipertrofia de las mamas y adiposidades. Esta cita de Hammond precisa ser mejor comprobada, pero, — como dice Falta — no está demás mencionar observaciones como ésta, en el asunto que nos preocupa.

Pero uno de los relatos más importantes para el objetivo que me propongo, y que tiende a probar el origen endocrino del homosexualismo, es el que hace Lichtenstern de una intervención por él practicada. Tratábase de un individuo homosexual al que hubo necesidad de practicarle la ablación de los dos testículos por tuberculosis doble, transplantándole el testículo ectópico de un joven. El éxito fué tan grande que el individuo pudo contraer matrimonio, abandonando definitivamente sus costumbres homosexuales.

En vista de todos estos datos, Proteus concluye diciendo que las recientes observaciones demuestran, cada vez más claramente, "que los fenómenos de inversión sexual están vinculados a la fórmula individual endocrina, y hasta el punto de que es posible modificarlos con medios susceptibles de provocar un cambio de dicha fórmula".

La endocrinología ha arrojado tan potente luz sobre las observaciones del instinto genésico, demostrando su origen orgánico, que el antiguo concepto de "psicopatía sexual", consagrado por Krafft-Ebing, ha sido sustituído por el de "patología sexual", que alcanza su máxima expresión en la obra admirable de Magnus Hirschfeld.

También Weil y Mieli concluyen que la homosexualidad no es un fenómeno determinado sólo psíquicamente, sino que se funda en alteraciones de la secreción interna.

c) *Menopausia y tendencias sáficas*

En la menopausia ocurre una transformación morfológica heterosexual, que se caracteriza por la aparición en la mujer de ciertos signos sexuales masculinos, como la robustez general, la voz grave, el vello de la cara y del tronco, etc. El estado psíquico se transforma en igual sentido, adquiriendo la hembra una energía, a veces una agresividad, que antes no tenía, y que la acercan a la norma psicológica del varón. La hipertrofia de la corteza suprarrenal y la decadencia de las hormonas ováricas son la causa. Muy justamente dice Gregorio Marañón que el tipo de la suegra no es invento falso de los escritores satíricos, sino una realidad viviente.

Hay casos en que la tendencia inversiva en vez de afectar a los caracteres somáticos, se produce en la esfera psíquica y surgen entonces, posiblemente, actos de homosexualismo. Marañón escribe que ha podido convencerse "de que muchos de esos casos, de los que la gente no conoce más que la fama escandalosa de sus perversiones sexuales, son en realidad gustos que obedecen al mandato de sus secreciones internas, perturbadas por la disminución de las hormonas excitantes de los caracteres de su sexo (menopausia precoz) y por la reviviscencia de las hormonas que excitan los caracteres sexuales del sexo contrario, y que acaban por predominar en su organismo".

3. — Imputabilidad de los homosexuales. Medidas de curación y seguridad

Nada más absurdo que castigar los actos de sexualidad desviada. Si se ha desterrado la concepción de que el homosexual lo sea por propia voluntad viciosa, y se interpretan hoy las inversiones endocrinológicamente; si el homosexualismo puede curarse, según afirman Steinach y Lichtenstern, mediante transplante de glándulas genitales, es improcedente que se sigan aplicando castigos.

Un tratamiento médico opoterápico bien dirigido; pruden-

tes operaciones quirúrgicas en ciertos casos; y, a lo sumo, cuando el sujeto haya demostrado ser peligroso para la sociedad y los particulares, medidas asegurativas de custodia y protección, constituyen el solo tratamiento eficaz contra los homosexuales.

E) — CONCLUSIONES

1. — Tratamiento de los delincuentes según los datos de la Endocrinología

No sólo quedan modificados los problemas antroposociológicos del delito por los nuevos aportes de la Endocrinología, sino que ella abre muy prometedoras perspectivas al tratamiento de los delincuentes.

Como ya he recordado, el gran psiquiatra siciliano Ernesto Lúgaro propone que los criminales por pasión e impulsivos, con *hábitus* hipertiróidico sean curados por medio de la resección parcial del tiroides.

Timme ha logrado obtener, con una apropiada opoterapia hipofisaria y pineal, efectos verdaderamente impresionantes en jóvenes delincuentes.

Y, según he dicho hace muy poco, Lichtenstern relata la curación lograda en un homosexual de sus tendencias invertidas, mediante el injerto de testículo ectópico.

Estas prácticas quirúrgicas y terapéuticas lograrán acaso positivo éxito en caso en que la pena fracase.

2. — Normas de prudencia

No quiero terminar sin hacer un llamamiento a la cautela. Los estudios endocrinológicos son de máxima importancia para las ciencias penales; pero la delincuencia tiene múltiples aspectos para asignarle un solo origen. El delito es un fenómeno social oriundo de variados factores. Por muy prometedoras que sean las investigaciones llevadas a cabo en el campo de las secreciones internas, jamás podrá creerse en que esta doctrina sea la única interpretación del crimen. Los que quisieran transformar en Endocrinología toda la Criminología, emprenderán una ruta simplista y unilateral.

EUTANASIA Y HOMICIDIO POR COMPASIÓN

Una actriz polaca da muerte en Francia a su amante, que pena de acerbo dolor, con el único fin de abreviar su martirio. El Tribunal absuelve, y el gesto pietista tiene enorme eco en la prensa del mundo.

Inmediatamente, como chispazos arrancados de la misma hoguera, surgen en Europa y América una serie de casos a los que los diarios gustan de dar el nombre de "crímenes caritativos". Los periódicos de casi todos los países lanzan una pregunta inquietante, transida a veces de curiosidad malsana: "¿Hay derecho a matar por piedad?" Sacudido por ella vengo yo aquí hoy. Pero he de advertir en primer término, que el problema es harto dificultoso para que pueda ser categóricamente respondido con un "sí" o un "no" rotundos.

Exploremos, pues, con ánimo sereno el asunto, y analicemos, primero, los hechos y las doctrinas, para presentar, luego, el problema técnico.

I. — HECHOS Y DOCTRINAS

A) Casuística

1. — Los casos recientes

Son cinco hechos acaecidos por la misma época los que han puesto a debate este tema, de viejo abolengo.

El primer caso es aquel a que he aludido en mis frases preliminares. Stanislawa Uminska, una joven y bella actriz polaca, llega a París angustiosamente solicitada por su amante Juan Zinowsky, escritor de la misma nacionalidad que ella, postrado en un sanatorio por males conjuntos que no perdonan. Enfermo de cáncer y tuberculosis, el infeliz

paciente, en el último estadio de los procesos nosológicos, padece los más crueles dolores. La amante, transformada en enfermera fiel, le prodiga exquisitos cuidados y nobles consuelos y varias veces rechaza horrorizada la solicitud de Zinowsky que le pide ponga término a tan inaudito sufrimiento. Por fin, un día, el 15 de julio de 1924, en que el padecer del enfermo ha sido más trágico, en un instante en que reposa adormecido por los analgésicos, la joven actriz toma el revólver con que el propio paciente no ha tenido ánimo para abreviar su agonía, y dispara con tanto acierto que Zinowsky deja para siempre de sufrir. La Uminska es juzgada en París, y el propio fiscal tiene para ella palabras de conmiseración y respeto, y, presumiendo lo que los jueces populares declararon, solicita que, si sale absuelta de la sala, no subraye el público con sus aplausos el ademán piadoso de la justicia. El Jurado del Sena proclama la impunidad de la acusada.

Cuatro días después de fallarse el proceso de la joven polaca, Ana Virginia Levasseur se presenta a las autoridades confesando que acaba de dar muerte piadosa a su hermana Anais, enferma de tuberculosis. La paciente estaba atendida en un hospital, del que había salido para pasar una breve temporada en casa de su hermana mayor. Llegado el instante de reingresar en el sanatorio, Anais declaró que antes de volverse a ver asistida por manos mercenarias, prefería la muerte. Ana Virginia objetó que sus menguados recursos le impedían cuidarla en el propio hogar, y entonces las dos hermanas convinieron en abreviar los padecimientos de la enferma, saliendo al encuentro de la muerte. Anais advirtió a su hermana que haría señas con la cabeza si no era certera en los disparos, y sentada en un sillón esperó tranquila. La ejecutora descargó un primer tiro; Anais hizo un signo negativo. Sonó otro disparo, y las señales de desacierto continuaron. Por último dos descargas últimas dieron fin a la obra. Ana Virgina alegó que quiso suicidarse luego, pero que no funcionó el arma. El simple relato del hecho nos revela que este homicidio consentido tuvo más de egoísta y eliminador que de piadoso.

H. E. Blazer, médico de Denwer (Colorado), de 61 años de edad, vivía con su hija Hazel, paralítica y débil, a la que había prodigado siempre los más tiernos cuidados. El padre se sintió enfermo, y viéndose morir, consternado por el desamparo en que quedaría la desdichada hija, le dió muerte propinándole una fuerte dosis de cloroformo, y se envenenó después. En muy grave estado fué recogido por la policía, pero sobrevivió al fin, y ahora espera el fallo de los Tribunales. (1)

Samuel Kish, de Pensilvania, mata a su esposa, a quien adoraba, a solicitud de la paciente, enferma de cáncer que le hacía sufrir tormentos de máximo dolor.

Finalmente, Miss Dorotea Violeta Bettisson termina lo que su propio hermano había comenzado, rematando al suicida. Guillermo Jorge Clemente Bettisson, de 60 años, pastor protestante, que moraba con su hermana en la pequeña aldea de Hungerton, a 7 millas de Leicester (Inglaterra), desesperado por pérdidas de intereses, trató de suicidarse disparándose un tiro que le destrozó la mitad del rostro; pero quedó vivo, y entonces hizo a Miss Dorotea el insistente ruego de que le rematara. La hermana, por piedad ante los tormentos del suicida, que se hallaba herido de muerte, dió el reposo definitivo al reverendo Bettisson.

Estos son los casos que han puesto de actualidad el problema del homicidio por compasión, pero no son los únicos. Al lado de esta casuística recientísima, por todos conocida, es preciso recordar hechos contemporáneos olvidados, de igual índole y de idéntico origen piadoso. La única diferencia es que la piedad que alcanzó a la Uminska, no fué tenida para los que antes que ella mataron por compasión.

---

(1) Hallándome en Mendoza, corrigiendo la versión taquigráfica de esta Conferencia, leo en el periódico local *La Libertad*, del 4 de noviembre de 1925, el siguiente telegrama de Nueva York, que atañe a este caso de homicidio piadoso, y que transcribo a pesar de que deben contenerse en él notables exageraciones: « En el proceso a iniciarse mañana contra el anciano doctor Harold Blazer, acusado de haber asesinado a su hija, la defensa utilizará la filosofía de Sócrates respecto al alma. La hija de Blazer tenía 22 años (el diario mendocino yerra en la edad o el error proviene del telegrama), hallándose paralítica. Su inteligencia no se había desarrollado, por lo cual ella permanecía en el estado infantil. El abogado defensor, Mr. Mowry, ha declarado que la víctima no tenía alma, no era un ser humano, y era mejor que muriera. Además, la muerte fué infligida con cloroformo, lo cual no le produjo dolor alguno ».

2. — Casuística olvidada

Enrique Ferri, ilustra su obra sugestiva el *Homicidio - suicidio,* con sentencias francesas recaídas en procesos análogos a los que acabo de relatar. Los Tribunales juzgaron entonces con gran severidad los hechos, y tal vez el solo caso de indulgencia que pueda recordarse es el del Coronel Combes cuyo fallo se encuentra en el "Repertorio" de Dalloz. En una retirada difícil (no se menciona en qué campo de batalla) un herido de muerte, imposible de transportar, pide al Coronel que lo remate. Combes cumple el cometido con un pistoletazo certero.

Pero no sólo en Francia se han presentado, antes de ahora, casos de este tipo. Ana Hall, de Cincinnatti, logró, en 1906, del Parlamento de Ohio, que se discutiese la autorización para dar muerte a su madre, enferma incurable, mediante cloroformo. En primera lectura aprobóse la demanda de la hija, pero rechazóse en la segunda.

En 1910, el jefe de una colonia de cuákeros de la Florida, fué condenado, como homicida, por haber "suave y definitivamente dormido" — según su expresión — a una enferma insalvable que se lo rogó.

En el año 1920, Luis Brignoli hirió de un tiro en Domodossola (Italia), a su prometida, tuberculosa y desahuciada; los tribunales no admitieron la excusante de homicidio piadoso; pero el jurado le absolvió por involuntariedad del acto delictivo, fundada en la pasión.

En los países sudamericanos estos hechos son frecuentes, y se impone casi como deber de amistad *despenar* al herido que sufre. En la Argentina la práctica no era rara en la población rural. José Ingenieros relata un caso, que le consultó un juez de provincia, y que deseo recordar aquí, tomándolo de la *Revista del Círculo Médico argentino y Centro de Estudiantes de Medicina,* (año XI, 1911, núm. 118). "Un hombre de 40 años, tuberculoso pulmonar y con lesiones laringo - esofágicas que le impiden tomar alimentos, comienza a verse morir de hambre. Durante dos años ha recorrido

muchos hospitales urbanos, vendiendo más tarde un campito para entregarse al pillaje de curanderas y mano - santas. Reducido a la mayor miseria, sin ánimo ni recursos para permanecer en la ciudad, regresa a su pueblecito de campaña, donde un viejo amigo de infancia le hospeda caritativamente en su rancho pobrísimo. Al principio el enfermo sobrelleva su situación; come algo, y sus fuerzas le permiten moverse en la cama para satisfacer sus necesidades más premiosas. A poco andar la deglución tornóse difícil, y el estado general reduce al enfermo a una completa inacción, como de quien se ve morir de hambre, día por día, hora por hora. En tal situación pide a su buen amigo, a su "hermano" de toda la vida, que lo despene. El otro se resiste, intenta alentarlo, le dice que tal vez pueda sanar. Después de pocos días, el enfermo renueva su pedido, con igual resultado. La tercera vez se realizó el hecho, que el acusado refiere en la forma siguiente: "A las 8 p. m. el enfermo lo llamó por señas y con gemidos, pues desde tiempo atrás tenía gran dificultad para hablar, se le echó al cuello, llorando y gimiendo, en forma tan desesperada que él también echó a llorar, hondamente conmovido. En ese momento el enfermo cayó de espaldas, sofocado por un horrible acceso de tos, que parecía volcar los pulmones por la boca; y mirando fijamente a su amigo, como implorándolo, tomó su mano derecha con las dos propias y la llevó hasta su cuello, instándole a apretar, con muecas desesperadas. El amigo no recuerda más. Dice que estaba llorando, con el corazón partido de pena; apretó un momento, dando vuelta la cara para no ver, pero que el infeliz se quedó en seguida tranquilo, como si le estuvieran haciendo un gran bien..." Después, el estrangulador notició a los vecinos que el enfermo había fallecido, lo que a nadie extrañó porque todos sabían su extrema gravedad, y por creerlo inútil, no dijo que lo había despenado. Al regresar al rancho, se encontró con un colono italiano, y, según declara el procesado, "no sabiendo qué contarle, se me ocurrió decirle de cómo lo tuve que ayudar a morir al pobre Juan". El italiano, formado en un medio en que no era excusable un acto de esa clase, denunció el hecho. Detenido el criollo, declaró tranquilamente que

no había contado antes cómo pasaron las cosas, porque no se le había ocurrido que fuera malo, y por impedirle hablar de ello la propia aflicción en que le tenía la muerte de su amigo. El funcionario policial que le tomó declaración, agregó este comento: "Parece que realmente don C. no cree haber hecho nada malo, y más bien que ha cumplido con los deberes de la amistad".

Estos hechos de casuística conocida u olvidada, ponen hoy en gran actualidad un tema que la Historia nos muestra con trazos indelebles, y que ha llegado hasta a algunas leyes actuales. Pero creo conveniente advertir que los ejemplos de épocas pretéritas presentan unidas la muerte liberadora y la eliminativa; es decir que en tiempos pasados aparecen indistintamente la eutanasia y la selección. Mas como he de ocuparme de ambos problemas, no desdeñaré en la revista histórica, las muestras de las prácticas de tipo seleccionador.

B) Historia y legislación vigente

1. — Prácticas antiguas de eutanasia y selección

Los brahamanes tenían la costumbre de matar o echar a la selva a los niños que después de dos meses de nacidos, les parecían de mala índole. Los espartanos, según relata Plutarco en las vidas paralelas de Licurgo y de Solón, daban muerte a los niños desprovistos de vigor o contrahechos, por considerarlos inútil carga para el Estado. Entre los celtas se hallaban ya muestras no sólo de selección sino de verdaderas prácticas liberadoras, porque no daban únicamente muerte a los niños deformes o monstruosos, sino a los ancianos valetudinarios.

Por descripciones de viajeros antiguos y modernos sabemos que el sentimiento del deber filial impulsaba a los masagetas, sardos, eslavos y escandinavos a dar muerte a sus padres enfermos o que hubiesen llegado a una vejez extrema. Parece que incluso en nuestros días conservan esta práctica los fueguinos, los fidjianos, los battas, los tschuktchi, los kamtchadales y los neocaledonios.

Terminar con los heridos en los combates es un hecho que atraviesa toda la historia, y en la Edad Media se llamó "misericordia" al corto puñal afiladísimo que servía para rematar a los que caían en las luchas colectivas o en los llamados juicios de Dios.

Ya he dicho antes, al relatar el caso que sagazmente comenta José Ingenieros, que en Sudamérica ha sido frecuente la costumbre de despenar, entre los habitantes del campo. Como dice el gran maestro argentino, "despenar es un deber de buen amigo, y negarse a hacerlo se reputa como acto deshonroso, mezcla de impiedad y cobardía". El hecho recordado antes no tiene más singularidad que haberse cometido por estrangulamiento y en un enfermo crónico. El hábito de despenar, común en la población rural sudamericana, se había practicado siempre en casos de heridas y accidentes graves, rara vez en casos de enfermedad crónica, y se despenó siempre usando arma blanca.

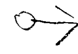
2. — Algunos preceptos vigentes sobre homicidio piadoso

Las prácticas viejas de eutanasia y muerte liberadora han intentado injertarse en las leyes, lográndolo últimamente. En el año 1912 discutió el Parlamento de los Estados Unidos un proyecto sobre "homicidio caritativo", pero se rechazó por encontrar demasiado delicadas e inciertas las aplicaciones. Esto no fué obstáculo para que el mismo año Miss Sarah Harris, elevase a la Cámara de Representantes y a los magistrados una súplica para que se permitiese a su médico poner término a su vida de manera dulce y sin dolor, ya que por estar paralítica no podía suicidarse.

En Alemania se presentó la cuestión oficialmente el año 1903, con una propuesta de ley al Parlamento de Sajonia, que la repudió. En 1912 fué de nuevo abordado el asunto en el Parlamento imperial. El autor de la ley decía en el primer artículo que todo enfermo incurable tenía derecho a la eutanasia, y en parágrafos sucesivos ordenaba que el derecho fuera declarado por un tribunal, y que aquel que procurara

a otro la muerte sin dolor y a petición del paciente, no sería perseguido por la justicia.

En Rusia ha alcanzado ya consagración oficial. El año 1922, según la *Krasnaia Gazeta,* las autoridades soviéticas hicieron fusilar, en un hospital, a 117 niños aquejados de una enfermedad incurable por haber ingerido carne de caballo infecta. La decisión, dice el periódico bolchevista "ha sido inspirada por un sentimiento de humanidad con respecto a esos niños condenados a morir después de atroces sufrimientos". Pero no es esto sólo. En Rusia el homicidio piadoso se ha hecho plaza en el nuevo Código Penal de 1922, cuyo artículo 143 dice: "El homicidio cometido por compasión, a solicitud del que es muerto, está exento de pena".



Muy interesante a este respecto es el recientísimo Código Penal del Perú, de 1924, que siguiendo un sistema indirecto, muy frecuente en su articulado, y poniendo en manos del juez el más amplio arbitrio, faculta para que la instigación o ayuda altruísta y piadosa al suicidio de otro quede impune. Dice así el artículo 157: "El que por un móvil egoísta instigare a otro al suicidio o le ayudare a cometerlo, será reprimido, si el suicidio se ha consumado o intentado, con penitenciaría o con prisión no mayor de cinco años". Por tanto, cuando el móvil que ha guiado al auxiliador es un motivo altruísta o de compasión, parece indudable que la penalidad no puede recaer sobre él. He ahí autorizada en Sud América la cooperación piadosa al suicidio del enfermo incurable.

La casuística presente y la historia nos muestran una serie de hechos que han invadido incluso las leyes de hoy. Para juzgar de ellas, y antes de abordar el aspecto técnico, es preciso oír a la doctrina científica y literaria, expuesta por escritores e intelectuales de alta alcurnia.

C) Doctrina de la Eutanasia

1. — El parecer de los escritores

Eutanasia significa "buena muerte"; pero en sentido más propio y estricto es — como dice Morselli — la que procura

otro a una persona que padece de una enfermedad incurable o muy penosa, y la que tiende a truncar la agonía demasiado dolorosa o prolongada.

Desde antiguo la eutanasia ha tenido defensores. Platón, en el tercer libro de *La República,* patrocinó el homicidio de los ancianos, de los débiles y de los enfermos; y Plinio llega a discutir las enfermedades en las que los físicos podían dar la muerte.

Tomás Moro, en la *Utopía,* defiende la eutanasia. En su país ideal, los magistrados y sacerdotes persuadirían a los incurables para que se dejaran morir de hambre o eliminar durante el sueño.

Pero con más ahinco que en la filosofía, hallamos en la literatura apologistas destacados de las prácticas eutanásicas. La han postulado en Inglaterra, Wells y Benson, en sus novelas *Anticipaciones* y *El dueño de la Tierra;* en Francia, Guy de Maupassant, Binet - Valmer, en *La Criatura* y, en el teatro, René Bretón, en *L'Euthanasie ou le droit de tuer;* en Bélgica, Mauricio Maeterlink, en su libro maestro *La Mort.* Ultimamente el caso de Stanislawa Uminska ha dado, sin duda, inspiración a Marcel Prévost para componer la novela *Su querida y yo,* en que el conflicto dramático se engendra por la discrepancia sentimental entre una mujer, que ha practicado la eutanasia con su primer amante, y su nuevo marido, camarada íntimo del muerto, que repudia esas prácticas inconcebibles para sus sentimientos de occidental.

La ciencia ha debatido también el hondo problema. Billón, en 1820, mantuvo la tesis de la libertad de eutanasia, y cincuenta y tres años más tarde aparece patrocinada por Tollemache. Mas en Francia, ya en la presente centuria, han crecido los adversarios, rechazándola con severo acento, Sicard, Bouquett y, sobre todo, Guermonprez, que en su obra, publicada en París el año 1904, lleva la indignada repulsa incluso hasta el título de su folleto: *L'assassinat médical et le respect de la vie humaine,* motivando el sugestivo estudio de Jules Régnault, que vió la luz en la *Revue* (*ancienne Revue des Revues*) de junio de dicho año, en el que las dudas del escritor se reflejan en la intitulación del tema: *Assassi-*

nat médical ou suprême Charité? En Italia fué defendida la eutânasia por el Profesor Reghetti. Y en Alemania la han propugnado Munk en 1887, el gran psiquiatra y médico legista Pablo Näcke, en 1903, y, más recientemente, Elster, en 1915, al que ha respondido Kassler, con refutaciones de su tesis.

En la Argentina, José Ingenieros se ha enrolado entre los partidarios de la eutanasia, en su precioso artículo *La piedad homicida,* impreso en la *Revista del Círculo Médico Argentino y Centro Estudiantes de Medicina,* año XI, Buenos Aires, junio de 1911, N.° 118, páginas 489 - 495. Según el gran pensador argentino "la justificación de esta clase de homicidios estaría en el consentimiento o la solicitud reiterada de la víctima, y en las costumbres sociales del ambiente a que los individuos pertenecen."

Mas de entre toda la producción científica, de médicos y juristas sobre los problemas de la eutanasia, destacan cuatro obras, tres de ellas recientes, que merecen atento análisis, debidas a Ferri, Binet - Sanglé, Binding y Hoche, y Enrique Morselli.

En 1884 imprime Enrique Ferri, en Turín, Bocca editor, un trabajo extraordinariamente sugestivo, publicado antes en los Archivos de Lombroso, que lleva por título *L'Omicidio — suicidio,* en el que aborda la responsabilidad jurídica del que da muerte a otro, con su consentimiento. Intenta Ferri fijar las normas que faciliten la distinción de los casos en que ese hecho es delito y aquellos otros en que no lo es. Los móviles le sirven para trazar el límite, y proclama que el que da muerte a otro guiado por motivos altruístas y piadosos no debe ser considerado como delincuente. "Entre el amigo que por piedad mata a su amigo, condenado por una enfermedad incurable, cediendo a sus ruegos reiterados, y el individuo que no mata, pero con falsas noticias y pérfidas sugestiones instiga a otro a suicidarse, proponiéndose con ello librarse de un compromiso o participar de una herencia, existe un abismo moral en favor del primero". De esta obra seductora se han agotado ya varias ediciones, y su autor prepara la 5.ª, que muy pronto verá la luz.

H. Binet - Sanglé titula su libro *L' Art de Mourir. Défense et Technique du Suicide secondé,* y se ha impreso en París, por A. Michel, el año 1919. El autor expone incluso un proyecto de reglamento, según el cual la eutanasia será confiada a especialistas, que deben reunir las condiciones del patólogo, psicólogo y terapeuta. El que desee morir, será examinado por tres de estos peritos, que estudiarán al sujeto desde el punto de vista hereditario, constitucional, fisiológico y psicológico, investigando las causas que le impulsan a tan fatal designio. En el caso de que se trate de una enfermedad positivamente dolorosa e incurable, a juicio de los tres "eutanásicos", será otorgado el derecho de morir. Binet - Sanglé propone que las prácticas eutanásicas se realicen en establecimientos a propósito que denomina "Institutos de Eutanasia". El médico francés pasa revista a los distintos medios útiles para procurar la "muerte buena" y se inclina en favor del protóxido de ázoe que, lejos de producir sensaciones desagradables, parece que procura al agónico una placentera marcha del mundo de los vivos.

Unidos el gran penalista alemán Carlos Binding y el psiquiatra friburgués Alfredo Hoche, publicaron el año 1920 un interesantísimo folleto intitulado *Die Freigabe der Vernichtung lebensunwerten Lebens.* (La autorización para exterminar las vidas sin valor vital), editado por Félix Meiner, en Leipzig. En esta obra las ideas del jurisconsulto hallan su complemento en las concepciones del alienista. Carlos Binding murió durante la impresión de este trabajo, que es por tanto, un libro póstumo, y como dice, sentidamente, su colaborador Alfredo Hoche, en la primera página, "el eco que encontrarán sus ideas responde a la voz de un muerto". El asunto de este folleto es la pesquisa de las razones jurídicas y morales que pueden presentarse en pro de la posibilidad legal de matar a los seres humanos desprovistos de valor vital. La mayor parte de esos alegatos han de ser recordados por mí luego para exponer la tesis de las prácticas eutanásicas. Ahora, por el pronto me basta hacer constar que Binding resume su propio pensamiento favorable a la eutanasia, diciendo: "Yo no encuentro, ni desde el punto de vista re-

ligioso, social, jurídico o moral, argumentos que nieguen la autorización de destruir esos seres humanos, remedos de verdaderos hombres, que provocan el disgusto en todos los que los ven. En las épocas de alta moralidad, es indudable que hubieran acabado con semejantes seres''. No puedo dejar de advertir que las concepciones de Binding no son sólo eutanásicas sino seleccionadoras, ya que al lado de la eutanasia para los enfermos insalvables, proclama el aniquilamiento de los imbéciles y dementes sin curación posible. En el sentir de Binding, la muerte dada a estas personas no debe estar prohibida cuando otorga su permiso una comisión oficial, nombrada a este fin, para el caso de tratarse de dementes sin remedio o cuando se ejecuta en el fundado supuesto de que existe un consentimiento, que en el caso concreto de enfermos insalvables, se traduce en una autorización. Las muertes así decretadas o consentidas se practicarán en establecimientos especiales, como ya lo había pedido Binet-Sanglé en Francia. Alfredo Hoche ilustra y apoya, con la fuerte convicción del médico, las concepciones de Binding, creyendo que llegará un día en que estimaremos que la eliminación de los individuos de espíritu muerto no es un crimen, sino un acto útil.

En el mundo científico causó honda sensación el pequeño libro de Binding y Hoche. La ''Sociedad psicológico - forense de Gottinga'' discutió el asunto en su sesión de 26 de enero de 1921, con nutrida asistencia de juristas, médicos, filósofos y teólogos. Hablaron como ponentes Von Hippel, desde el punto de vista jurídico y Goeppert, en el aspecto médico. El resultado de la viva polémica fué la unánime repulsa de la idea de conceder pública y oficial autorización para matar a los enfermos incurables y a los idiotas sin esperanza de mejoría, a pesar de la alta estima que merece la labor de Binding y Hoche. Pero se apreció con particular acierto, que en el orden jurídico es necesario otorgar una atenuante, en toda su amplitud, e incluso hasta conceder el perdón en casos especiales cuando se trata de una muerte causada por la demanda del enfermo incurable, y originada por una verdadera piedad ante los sufrimientos de los enfermos sin es-

peranza o ante la idiotez irremediable. La "Sociedad médico-forense de Breslau", se ocupó también en el hondo problema siendo ponentes Klee y Strassmann. El primero se adhirió a las ideas de Binding y Hoche, patrocinando el exterminio de semejantes vidas y formulando propuestas para su reglamentación. La audacia de Klee ha puesto de manifiesto que los juristas suelen ir más allá que los médicos en asuntos de esta índole. Así, el médico Strassmann procuró poner límites a esa facultad exterminadora. Reconoce que el suicidio es un acto no prohibido jurídicamente; pero en cambio se castigan la instigación y el auxilio al suicida; y con respecto a los imbéciles incurables se opone a que prosperen las teorías de Binding y Hoche. Singularmente se resuelve Strassmann contra la proposición de organizar oficialmente esos homicidios oponiéndose a que se creen autoridades destinadas a este fin y establecimientos especiales en los que se practiquen esas muertes.

En las revistas de Derecho y de Medicina de Alemania y de Suiza, se ha dado cuenta detallada del interesantísimo folleto de Binding y de Hoche. Juristas como Feisenberger no hacen labor crítica en su recensión, pero otros como el Profesor de Zurich, Ernesto Hafter, rechazan de plano "la tesis brillantemente defendida", pero de la que se desprende "un resto amargo". Los médicos, o se limitan a ser simples anotadores bibliográficos o hacen una crítica favorable. Beseler es de los pocos que se niega categóricamente a prestar su asentimiento a las ideas expuestas en el pequeño libro tan comentado. Incluso los diarios alemanes se ocuparon con amplitud del tema y llegan hasta a discutir las formas de proceder a la eutanasia. Los franceses han descargado contra Binding y Hoche las más gruesas baterías de la censura. En *L'informateur des aliénistes et des neurologistes*, suplemento mensual de *L'Encéphale* (año XVI, núm. 2, 25 de febrero de 1921, págs. 41-45), ha aparecido una terrible crítica escrita por Ch. Ladame, que, por ser psiquiatra, aborda de preferencia la parte de la obra que trata de la muerte de enfermos mentales incurables. Todo el artículo de Ladame, incluyendo el sonoro título—*A mort*

les incurables! À mort! — es un llamamiento sentimental a las gentes y a los médicos, en el que, con altisonantes frases, se pide que no prosperen las ideas de los dos Profesores alemanes. Bien está, y es muy justo, que se combatan esas teorías; pero me parece torpe declamar a costa de ellas. Yo me admiro de la pésima memoria de los médicos franceses y de los que colaboran en revistas francesas, y no me explico que hayan olvidado las dudas de Regnault, médico francés, al preguntarse si la eutanasia no sería acaso la "suprema caridad", y que no recuerden, a pesar de la reciente fecha de su libro, que otro Profesor francés, H. Binet - Sanglé, ha postulado un sistema análogo, un año antes de que Binding y Hoche lo propusieran en Alemania.

Tanto me preocupó el folleto de los dos profesores alemanes, y tantas meditaciones hice en su torno, que, poco tiempo después de impreso, publiqué un artículo sobre ese tema en la *Revista de Ciencias jurídicas y sociales,* editado más tarde en un folleto independiente, bajo el título de *La autorización para exterminar a los seres humanos desprovistos de valor vital,* en Madrid, Imp. de la Revista de Archivos, el año 1922. (1)

El asunto continúa apasionando, y hace dos años todavía se replanteaba por Alejandro Elster en su artículo *Freigabe lebensunwerten Lebens,* inserto en la *Zeitschrift für die gesamte Strafrechtswissenschaft,* vol. XLIV (1923), págs. 130 y siguientes.

Enrique Morselli ha dado recientemente a la estampa, un libro bellísimo, en que se desarrolla, con armónicas proporciones, el asunto en que me ocupo. Se titula *L'Uccisione pietosa (l'Eutanasia) in rapporto alla Medicina, alla Morale ed all'Eugenica,* y ha sido editado en Turín, por Bocca, el año 1923. Las admirables páginas se presentan estructuradas en tres capítulos, que, siguiendo la terminología he-

---

(1) En este folleto expongo una serie de ideas y consideraciones que me veré precisado a repetir ahora, con mayor motivo si se piensa que este trabajo está agotado. La opinión central que luego mantendré al esclarecer el problema técnico, se halla ya expuesta en ese estudio mío; pero en la presente Conferencia he de procurar estructurarla mejor y perfilarla con más esmero.

geliana, empiezan por la tesis, continúan con la antítesis y finalizan en una síntesis clara y nobilísima. Morselli revela lo dudoso e inseguro de los dos conceptos de incurabilidad e inutilidad en que se apoyan la eutanasia y [redacted], y el escaso valor psicológico y jurídico del consentimiento y de la piedad. El Profesor italiano pide que se descarte al médico de estos problemas en que pugnan trágicamente la Vida y la Muerte. La repulsa de la eutanasia, en todas sus formas y sentidos, es absoluta: "Una humanidad verdaderamente superior — dice Morselli al término del segundo capítulo — pensará en prevenir el delito y la enfermedad, no en reprimirle con sangre, ni en curar el dolor con la muerte". En el aspecto moral, la eutanasia es siempre condenable. La sociedad no tiene el derecho de desprenderse de los enfermos mentales, en los que la causa de su afección es oriunda de males colectivos, por lo que el cuerpo social debe sufrir las consecuencias. La eutanasia y la selección no acarrean ningún beneficio social, pues Morselli, de acuerdo con Lindsay, cree que el mejoramiento físico de la raza se obtendría a expensas de los sentimientos morales. "La abnegación para asistir a enfermos repugnantes, la compasión activa por nuestros prójimos sufrientes, la simpatía por toda criatura viviente, son valores altamente útiles, a los que no debemos renunciar. Por otra parte, el sufrimiento es un factor de elevación; el dolor tiene una finalidad moral y casi estética..." Por todo esto concluye Morselli exclamando "¡No nos desmoralicemos!".

El caso de la joven polaca Stanislawa Uminska ha vuelto la actualidad a tan sugestivo tema. Yo no puedo recoger aquí los artículos y trabajos menores escritos en la prensa diaria y en las revistas de gran público, sobre el "derecho de matar" y el que se ha designado con el nombre de "crimen humanitario o caritativo". Sólo apuntaré que el hecho se ha censurado sin muchos argumentos por el *Journal des Débats*, de 18 de febrero de 1925, y que el doctor Emilio Forgue, en el número de 1.° de marzo del corriente año, censura la eutanasia en *La Revue de Paris*, haciendo, con motivo del caso de la actriz polonesa, un ligero estudio del pro-

blema "ante la ley", "ante la sociedad moderna", "ante la opinión" y "ante la observación médica".

En España no ha pasado inadvertido tan interesante tema. Sobre el drama de París en que fué heroína la señorita Uminska, se han escrito numerosos artículos de periódicos y semanarios. Destaca entre todos el elegantísimo trabajo de Eduardo Gómez de Baquero, que lo publicó, con el título *De la Eutanasia,* en el diario *La Voz,* de Madrid, del día 20 de marzo del año en curso, con el conocido seudónimo de "Andrenio", que habitualmente emplea el gran escritor.

En Zaragoza imprime R. Royo Villanone Morales, un pequeño folleto titulado *El derecho a la muerte* (Tipografía "La Academia", 1925), compuesto indudablemente sin pretensiones científicas. Por último, el 4 de mayo de este año, el Profesor de la Universidad de Murcia, Mariano Ruiz Funes, dictó en la Academia de Legislación y Jurisprudencia una lección admirable en que exploró con sus grandes conocimientos *El homicidio por compasión en su aspecto jurídico.*

He ahí una breve revista de los autores antiguos y modernos que se han ocupado en la eutanasia y en el homicidio piadoso. Veamos ahora, expuesto con ademán imparcial, el pro y el contra de esta cuestión tan debatida y ardua.

2. — El pro

a) Concepciones individualista y universalista. — Eutanasia y Selección

La Eutanasia y la Selección son episodios de la lucha entablada por el pensamiento humano entre las dos grandes concepciones circulantes: la individualista y la universalista. Los extremistas de esta última, que, en nombre de la "higiene de la raza", pretenden en Norte América esterilizar a los delincuentes incorregibles y a toda suerte de seres anormales, ven con íntima complacencia las prácticas selectivas y eutanásicas.

El principio de la defensa social, aceptado hoy de un modo

casi únanime como fundamento del derecho punitivo, puede llevar, con sólo extraer las últimas conclusiones, a hacer del Derecho Penal un derecho seleccionador, que realizaría su misión en el aspecto individual, con la pena de muerte, el encerramiento perpetuo y el suicidio, y, en su aspecto social, mediante la segregación, la prohibición de contraer matrimonio a los seres tarados y, en caso preciso, para evitar descendencia degenerada, mediante el empleo de medios anticoncepcionales, así como de la esterilización de delincuentes y defectuosos. La eutanasia para los enfermos incurables figura también en este cuadro, que presenta Hans von Hentig én su trabajo sugestivo: "Derecho penal y selección", (*Strafrecht und Auslese,* Berlín, Springer, 1914).

El gran problema reside en saber si las teorías universalistas, que van corrigiendo al exagerado individualismo de la pasada centuria, pueden autorizar las prácticas de selección y de eutanasia.

b) Muerte liberadora; muerte eliminadora; muerte económica

No sólo me propongo esclarecer el pro y el contra de la eutanasia propiamente dicha, la muerte buena dada con fines libertadores del penoso sufrir; sino que examinaré también la muerte eliminadora y económica, que persigue un objetivo seleccionador. Binding y Hoche han presentado el tema conjuntamente, y Morselli dice que la eutanasia, comprendida en su sentido amplio, no sólo abarca los medios de acortar el dolor humano, sino que se refiere también a los procedimientos de mejorar la especie mediante la eliminación de los menos aptos.

Carlos Binding comienza lanzando estas preguntas: ¿Debe limitarse la destrucción de los seres humanos a la forma no permitida, pero sí tolerada e impune del suicidio? ¿Puede, por el contrario, extenderse — y en qué límites — al aniquilamiento lícito de la vida humana por terceras personas? El problema podría plantearse jurídicamente así: ¿Hay vi-

das humanas que han perdido la cualidad de bien jurídico, por quedar desprovista de valor la continuación de su existencia, tanto para el mismo sujeto como para la sociedad? La respuesta de Binding es afirmativa con referencia a tres grupos de hombres.

En primer lugar están los perdidos irremediablemente a consecuencia de alguna enfermedad o de alguna herida — como los cancerosos, los tísicos extremos, los lesionados de muerte—que en plena conciencia de su estado demandan perentoriamente el fin de sus sufrimientos, dándolo a entender de un modo cualquiera.

En segundo lugar se hallan los idiotas y dementes incurables, a los que no amenaza la muerte en un breve plazo. La posibilidad de aniquilar a estos infelices seres se presenta igual para los que han nacido así, como para los que han llegado a esa situación en el transcurso de su vida; por ejemplo, el enfermo de parálisis general progresiva en el último estado de su mal. Les falta — escribe Binding — la voluntad de vivir tanto como la de morir. La orden de matarlos no tropieza aquí con resistencia alguna, con una voluntad de vivir que deba ser truncada: su existencia carece de todo valor; sin embargo no se les presenta a ellos como insoportable. Son una carga pesada para sus familias y para la sociedad. Su muerte, por otra parte, no provoca ningún pesar a no ser, tal vez, en los sentimientos de la madre o de la enfermera fiel. El estado de estos dementes e imbéciles exige cuidados considerables y la formación de profesionales que pierden su existencia prolongando la de estos "no-valores humanos absolutos", durante años y docenas de años. Hoche insiste sobre este punto, estimando que la eliminación de los que él llama "muertos espirituales", llegará a ser un día un acto permitido y beneficioso.

Entre estas dos categorías existe una tercera, a la que pertenecen seres espiritualmente sanos, que por un acontecimiento cualquiera — tal vez por una herida grave — han perdido el conocimiento y que cuando salgan de su inconsciencia, si es que llegan a recobrar el sentido, caerán en el más miserable estado, en una condición enteramente desesperada, con destino a una muerte segura.

En la primera de estas categorías de individuos "desprovistos de valor vital" la muerte que se les procura es liberadora, ya que ellos mismos la demandan o consienten en ella para cortar su acerbo sufrir; la segunda es eliminadora y económica, puesto que el fin preponderante es la eugenesia y selección; en la última de las clases enunciadas, la muerte dada a esos desgraciados seres es a la vez eliminativa y liberadora, ya que, además de seleccionar, tiende a que los accidentados no experimenten, al recobrar el sentido, posibles padecimientos y dolores extremos

Incluso han perfilado los partidarios de la eutanasia amplia, procedimientos y métodos para ejecutarla, que han presentado Elster y Binding en Alemania, Grispigni en Italia, y Binet - Sanglé en Francia. Para los sujetos de la primera categoría, es decir, para los que conscientes de su mal incurable y penoso demandan el fin de sus padecimientos, el punto de partida será la autorización del enfermo. En los restantes casos, el consentimiento no puede prestarse por incapacidad mental y decidirán especiales comisiones oficialmente nombradas.

Grispigni concreta así las condiciones que han de exigirse: 1.°) demanda ante el Tribunal de parte del enfermo o de quien ejerce la patria potestad sobre él; 2.°) nombramiento de tres médicos; 3.°) peritaje de que la enfermedad es incurable y que va acompañada de insoportables sufrimientos; y 4.°) decisión motivada del Tribunal, oído el ministerio público.

Más detallado es el sistema propuesto por Binding. La iniciativa eutanásica ha de partir del paciente, de su médico, o de una persona designada por el enfermo, por ejemplo, de un pariente próximo. La demanda se hará ante la autoridad competente, que podrá admitirla o rechazarla. Si la recibe, será pasada a una comisión *ad hoc,* compuesta de un médico general, un especialista en psiquiatría y un jurisconsulto, con derecho a voto los tres, que no tendrá el Presidente. Ni el demandante ni el médico de cabecera podrán formar parte de la comisión, que funcionará en instancia única, después de recoger las pruebas preciosas e interrogar a los testigos.

La decisión deberá ser tomada por unanimidad, y de esta especie de sentencia, así como de su ejecución y de las deliberaciones previas, se levantarán las actas oportunas. Binet-Sanglé ha propuesto un procedimiento semejante.

La "muerte buena" será practicada en "Institutos de Eutanasia" especialmente consignados a este fin. El Profesor francés Binet-Sanglé es quien se ha ocupado, con más detenimiento, de la técnica que ha de usarse. Ya dije, al dar breve cuenta de su libro, que entre los varios medios eutanásicos que se han ofrecido por los autores, Binet-Sanglé prefiere el protóxido de ázoe, por los motivos antes indicados. He aquí, ahora, cómo propone operar: Introducido el sujeto en la sala de eutanasia se le produce una anestesia local con cloruro de etilo; en el lugar anestesiado se le inyectan dos centigramos de clorhidrato de morfina, y por fin, se le hace respirar el protóxido de ázoe, que a los 50 segundos habrá producido una inconsciencia absoluta, procurando al paciente el anhelado reposo eterno.

3. — En contra de la Eutanasia

Hasta aquí cuanto puede alegarse y han argumentado los autores en pro de la "muerte buena" con fines piadosos y selectivos. Presentemos el reverso de la medalla, esclareciendo las razones que militan en contra de la eutanasia. Tres interrogantes se yeguen ante nosotros, transidas de inquietudes: ¿Es tan intolerable el dolor que sea preciso acallarle con la muerte, y tan espantosa la agonía que se imponga su aceleramiento? ¿Puede decidirse de un modo irrevocable la incurabilidad de un enfermo? ¿El criterio de la inutilidad autoriza la eliminación?

a) El dolor y la agonía

El dolor es un hecho psicofisiológico eminentemente subjetivo. Los médicos presencian a diario el estoico gesto con que muchos pacientes resisten las operaciones más cruentas,

en tanto que enfermos leves, histéricos e hipersensibles, claman a gritos por sufrimientos que de ordinario se toleran sin excesivos ademanes. Además no siempre los dolores más atroces son indicio de males gravísimos, mientras que enfermedades mortales están desprovistas de sensaciones doloríficas. No podemos, en suma, confiar al dolor el decisivo influjo de decidir la eutanasia.

Por otra parte, la medicina moderna no está desarmada, como dice Morselli, frente a los dolores más agudos. Es posible la prudente morfinización de un canceroso, de un tísico en el último grado, sin por ello perjudicar notablemente su estado general. Y, por último, es posible combatir el dolor por medios morales, fortificando la resignación del enfermo, consolándole, y sugiriéndole, a veces por una piadosa mentira, esperanzas de alivio que le hagan más llevaderos sus sufrimientos.

Tomás Moro y Bacon, seguidos por buen número de escritores, han defendido la eutanasia como medio de abreviar las agonías penosas, acortando el lento y desesperado morir, doloroso unas veces por padecimientos físicos y otras por tormentos morales oriundos del horror al traspaso de la vida a la muerte. Morselli observa con su experiencia de médico, que la agonía no va siempre acompañada de dolor y que, afortunadamente, de ordinario la conciencia del moribundo está obscurecida, y la muerte sobreviene cuando la sensibilidad superior, cerebral, consciente, se ha extinguido. Las expresiones atroces que contemplamos, impotentes, en el moribundo no significan dolor, ni siquiera en las más tumultuosas agonías. Contracciones, gestos de repulsa, gemidos, suspiros, agitaciones de las manos, tentativas de arrojarse del lecho o de dirigirse hacia la luz, son acciones reflejas subconscientes sobre los centros inferiores de la expresión y no significan terrores lúcidos ni dolorosos.

El yo del moribundo, que en una época fué tema favorito en Francia, sigue siendo un misterio que no nos ha sido revelado, porque los que se van no vuelven. Recuerdo haber leído en una obra inglesa, extraordinariamente sugestiva, escrita por James Blake Bailey, con el título de *The diary of*

a resurrectionist (Londres, Swan Sonnenschein and Co., 1896), el caso de un hombre enterrado vivo por creerle cadáver y extraído de su fosa por los que robaban cuerpos para estudiar anatomía (llamados "resurreccionistas"). El sujeto conservaba toda su lucidez y pudo darse cuenta de que le colocaban en la caja, le cerraban los ojos, le lloraban y por fin le sepultaban en el cementerio. El creía, y así lo escribe, con un estilo sereno y preciso, que "eso era la muerte", que en ella se conservaba la lucidez, y bajo la tierra aguarda a ser devorado por "los gusanos y reptiles". Pero al sentir que le desentierran sospecha ya que no está muerto. Sobre el frío mármol de la mesa de disección, donde le llevan los "resurreccionistas" para anatomizarlo, por creerle cadáver, se estremece por el agudo dolor que le causa el bisturí. Los médicos se aperciben y le hacen recobrar el sentido. Este hombre puede relatarnos lo que él creía la muerte porque estaba vivo; pero los verdaderos muertos no vienen al mundo a decirnos en lo que efectivamente consiste el *más allá* y si sufrieron dolor y espanto en el instante de abandonar la vida.

En suma, parece innecesario truncar una agonía cuya aparatosidad no es indicio de sufrimiento, y sólo queda el caso del enfermo insalvable que pena con tormentos inaguantables y el de los seres inútiles desprovistos de valor vital. La muerte liberadora se apoya no sólo en el dolor, sino en la incurabilidad del mal que atormenta al paciente; y la muerte eliminadora se basa en el concepto de inutilidad. Examinemos, pues, la evidencia de estos dos criterios.

b). Los criterios de incurabilidad e inutilidad

La incurabilidad es uno de los conceptos más dudosos. De una parte, enfermedades que un tiempo fueron incurables, se han vencido hoy, y no podemos afirmar que las que reputamos como tales en el presente, no podrán ser un día dominadas. Además ocurre con frecuencia que el médico, ante un enfermo positivamente incurable, aquejado de cáncer en un período avanzado, practica una intervención quirúrgica

a sabiendas de que no le salva, pero sí de que le prolonga la vida varios meses y aún años. ¿Debemos renunciar a ese período de existencia prolongada por estar herido el paciente de un mal que no perdona? En realidad todos estamos condenados a la muerte en un plazo desconocido, pero cierto. Prolongar la vida es vivirla. Para estas situaciones en que la muerte no es inmediata, la eutanasia no debe practicarse, aunque la enfermedad siga destruyendo el organismo y acabe al fin con la existencia.

La "muerte buena" sería dada, en suma, a los incurables de un mal agudo y breve, como heridos sin remedio, hidrófobos, tetánicos, etc. El estado presente de la medicina permite sin duda decidir que, atendiendo a los medios terapéuticos de que disponemos, hay enfermedades incurables en un cierto momento del proceso nosológico. Por ejemplo, la rabia no puede ser curada cuando llega a manifestarse y se encuentra en el último estado. Pero ¿se puede afirmar que el médico no erró el diagnóstico? Hace años recuerdo haber leído en una Revista médica el caso de un joven estudiante de medicina que había sido mordido por un perro sospechoso de hidrofobia. El muchacho, que había estudiado los síntomas de la rabia y que era un neurasténico, ofreció todo el cuadro del mal, con sus más características síndromes. Inútil es decir que el sujeto no estaba rabioso y que curó perfectamente. Pensemos en un partidario de la eutanasia que, engañado por los síntomas que el joven presentaba, hubiera diagnosticado hidrofobia y hubiese propinado al falso hidrófobo un "dulce veneno" para evitarle el tormento de una enfermedad absolutamente incurable.

La posibilidad de un error sobre el criterio de la incurabilidad me espanta en tales términos que no acierto a basar la eutanasia sobre unas raíces tan inseguras. Carlos Binding se hace ya cargo de las posibles equivocaciones que puedan acaecer, y ante la eventualidad de ellas, observa que muchas instituciones sociales pueden dar lugar a errores y no por eso son desechadas. Binding termina escribiendo: "Concedamos que se haya cometido un error; el resultado no sería, en suma, más que un hombre de menos, cuya vida no hubiera

sido probablemente de gran valor, aunque hubiese sobrevivido a su grave enfermedad.''

Yo no puedo conducirme con tan fría lógica en el razonamiento, y el error en la sentencia de ''muerte buena'' me fuerza a condenar la eutanasia, error más frecuente todavía cuando se trata de una enfermedad mental incurable, ya que, como dice Morselli, en persuasivas páginas, la psiquiatría es una ciencia joven en la que las equivocaciones de diagnóstico y pronóstico son de mayor volumen y número que en los males del cuerpo. Pero esta categoría de idiotas y dementes incurables no son sujetos de la eutanasia por la incurabilidad y dolor de su enfermedad. Ya subraya Binding que los ''muertos espirituales'' no tienen voluntad de morir ni de vivir, y que la existencia no se les presenta a ellos como insoportable. El motivo de su exterminio reside en que su vida ''carece de todo valor'' y en que son una ''carga pesada para su familia y para la sociedad''. Es la muerte eliminadora y económica, que se cimenta en los criterios de inutilidad y economía.

El concepto de inutilidad es aún más movedizo e inseguro que el de incurabilidad. En su más amplio sentido no sólo abarca los dementes incurables y los idiotas, sino otras muchas categorías de seres humanos, como los anormales de nacimiento, los viejos valetudinarios, etc.

Pero ¿verdaderamente estas categorías de hombres desprovistos de perfección vital, son inútiles y onerosos? El anciano decrépito puede ser útil por sus consejos transidos de experiencia y por mantener en el hogar una autoridad oriunda del respeto que acaso es lo único que mantiene unida una familia. Es frecuente el caso de hijos y nietos que al morir el abuelo paralitico se disgregan y pleitean con saña máxima, después de haber vivido armónicamente bajo la patriarcal figura del ascendiente valetudinario.

Una gran masa de dementes incurables y de oligofrénicos pueden ser utilizados en labores agrícolas con gran provecho para su propia higiene y mejoramiento. En las aldeas belgas se ha practicado la entrega a los aldeanos de ciertos individuos alienados, que se alivian al contacto con la tierra y son

útiles al labrarla. En el mismo manicomio argentino de *Opendoor* ¿no trabaja un considerable número de dementes en el cultivo de flores y plantas, y en otras tareas útiles?

Hay individuos mutilados, terriblemente deshechos, jirones de la vida, que pueden ser educados o reeducados para rendir una utilidad social y beneficiosa para ellos. Los grandes descubrimientos que en la cirugía y en la educación readaptadora ha traído la guerra última — que del gran mal, algún bien tenía que desprenderse — ¿no han hecho posible que muchos ex combatientes ciegos y sordos, mancos y cojos, y con frecuencia plurimutilados, aprendan un género de actividad compatible con sus imperfecciones?

No podemos, pues, trazar los límites de la inutilidad. Pero aunque la concretamos a seres monstruosos de nacimiento, a enajenados indominables y a otra suerte de seres absolutamente inútiles y de costoso mantenimiento, ¿tenemos el derecho de aniquilar estas vidas por un egoísta razonamiento de inutilidad y economía? La sociedad no debe olvidar que le alcanza buena parte de responsabilidad en la insanía mental de sus miembros, por no haber sabido combatir con energía contra la sífilis, el alcoholismo, la miseria, etc., etc. No debemos, por otra parte, renunciar a los sentimientos más nobles de afectividad y solidaridad sociales. Destilemos en la vida una concepción ética, en la que Positivismo e Idealismo se hallen de acuerdo.

Finalmente, los que como yo hemos rechazado siempre, con acento severo, la pena de muerte para los delincuentes más graves y temibles, y ni siquiera han quebrantado nuestra convicción motivos de índole eliminadora tan gratos a Rafael Garófalo, no podríamos, sin una monstruosa inconsecuencia, patrocinar la eutanasia para este género de gentes.

La verdadera causa de la demanda de estos exterminios, más económica que eliminatriz, la aduce Alfredo Hoche cuando confiesa que Alemania atravesaba una crisis tan grave que toda propuesta de disminuir sus gastos públicos había de despertar un eco de simpatía. Por eso puede decir, sin dejos irónicos, el Profesor Morselli que el alza del marco haría a los alemanes "discutir con más "sentimentalismo" este problema de Economía y Moral sociales".

He examinado hasta ahora la Eutanasia en sus hechos más destacados y en su aspecto doctrinal. La indagación ha dejado maltrechos los argumentos defensivos y han avanzado su ayuda para las justas críticas. Ahora debe hablar el técnico, explorando si el homicidio piadoso debe ser, ante el derecho, un delito ordinario, una infracción privilegiada, o un hecho legítimo, excusable o, al menos, susceptible de perdón.

II. — EL PROBLEMA TÉCNICO

A) El homicidio piadoso como delito

¿Qué criterio debemos adoptar los juristas ante un homicidio perpetrado por compasión? ¿Qué postura deben tomar los magistrados ante tales hechos y frente al autor de una muerte piadosa?

Se puede asumir una norma de severidad y no aceptar atenuaciones oriundas del motivo. Entonces el homicidio consentido y ejecutado con fines eutanásicos no sería más que un homicidio vulgar. Acaso los juzgadores pudieran hacer más benigna la pena manejando inteligentemente el arsenal de las circunstancias atenuantes que los Códigos les ofrecen.

Otro sistema, menos duro, hace del homicidio compasivo una figura de delito atenuada por el móvil. No es raro que los Códigos construyan especiales infracciones caracterizadas por el motivo, en las que la pena es menos alta. Así, el infanticido aparece en todos los cuerpos legales como un homicidio privilegiado *honoris causa*; así también, el Código argentino ha recibido, a imitación del Proyecto suizo, la figura del homicidio pasional, tratado más dulcemente que el delito del homicida ordinario, y que se caracteriza, en el número 1.° letra *a* del artículo 81, por el estado de emoción violenta que las circunstancias hicieren excusable. Este es el parecer del Código penal ruso de 1903, que los bolchevistas han derogado, cuyo artículo 460 imponía la pena de fortaleza por tres años como máximum, al "que hubiere cometido un homicidio a instancia del muerto o por piedad hacia él".

Estos sistemas de rigor o de ecléctica benignidad son poco interesantes. Lo que más importa esclarecer es el criterio de impunidad, postulado por escritores de nombradía, y las bases en que habrá de asentarse la causa justificadora o excusante de tales hechos.

B) El homicidio por compasión como hecho impune— Criterios justificantes

La técnica impone que para cimentar la justificación o impunidad del homicidio piadoso hallemos bases técnicas en que apoyarnos. Dispútanse la primacía justificante el consentimiento del paciente, el reconocimiento del fin por parte del Estado, y la naturaleza del móvil que guía al autor.

1. — El consentimiento

Ya de antiguo se ha debatido el valor del consentimiento en los delitos, y el pasado año ha escrito Felipe Grispigni un voluminoso e interesante libro sobre el tema: *Il consenso dell' offeso,* Roma Athenaeum, 1924. Opina el sagaz escritor italiano que el consentimiento es una figura que no encaja en ninguna de las instituciones jurídicas conocidas y que, por eso, debe ser presentado como una entidad autónoma.

El problema del consentimiento es un asunto que desborda de los limitados confines del homicidio piadoso y que precisa ser encarado, ante todo, como tema general, atinente a toda clase de infracciones.

a) — Valor general del consentimiento en los delitos

Volenti non fit injuria, proclamaron los romanos. Los comentaristas han debatido largamente sobre la significación y amplitud de esta máxima, y lo primero que se precisa aclarar es el concepto de *injuria.* El derecho penal romano expresaba con esta palabra una serie de lesiones personales, en el sentir de Mommsen y Hitzig. *Injuria* era la lesión jurí-

dica intencional contra la persona en su cuerpo, en su situación jurídica, en su honor. *Nulla injuria est, quae in volentem fiat,* dijo el Digesto. El consentimiento de la víctima excluía, pues, el delito de *injuria;* mas el homicidio cometido tras el consentimiento del sujeto pasivo no se estimó como *injuria,* sino como un delito contra el Estado, contra la comunidad. Por el contrario, Ulpiano define: *Injuria est omne quod non jure fit,* y en este sentido explica Feuerbach: "En tanto que una persona puede renunciar a sus derechos mediante un acto declarado de su voluntad, el consentimiento al acto, por parte del lesionado, suprime la noción del delito. *Volenti non fit injuria.* Sólo debe ser sometido a las disposiciones posibles (jurídicamente) del lesionado, el derecho contra el que se dirige el acto a que se refiere el consentimiento". Sin embargo, parece fuera de duda que el texto romano, tantas veces invocado, tiene una significación absolutamente limitada, siendo insostenible en un sentido general. Así opina Alfredo Pernice, con su gran autoridad de romanista.

A medida que nos acercamos a nuestros días, ese principio se va derogando, prohibiéndose expresamente en algunas leyes — como en la *Theresiana,* artículo 3.° § 16, y en el Código austriaco de 1853, § 4.° — que se tome en consideración el consentimiento de la víctima. A pesar de esto, el nuevo derecho penal en formación, plantea de nuevo el asunto, y un Proyecto tan bien orientado como el de Suecia, cuya Parte General redactada por Thyrén, vió la luz en 1916, acoge el consentimiento como causa excluyente de responsabilidad en el § 8.° del Cap. IV, en que se dice: "Si por declaración expresa, o de algún otro modo, se presta voluntario consentimiento para un determinado acto, por aquel o aquella cuyo derecho, sin esta circunstancia, sería violado por la acción, no se considerará el acto como delito intencional, salvo cuando para casos especiales se establezca lo contrario por la ley o cuando el consentimiento no se preste por convenio legítimo, o bien cuando el culpable comprendiese que el que consiente se encontraba en un error esencial debido a la situación que sufría. Cuando el que presta

su consentimiento no tuviese capacidad de realizar actos con eficacia jurídica, el tribunal juzgará, según las circunstancias, si la culpabilidad intencional puede, sin embargo, considerarse excluída por el consentimiento''.

Este arduo problema del consentimiento del lesionado, que las leyes y tratadistas de los pueblos cultos van desestimando, se relaciona, primeramente, con otro más general: la extensión del derecho del individuo sobre su propia persona, *jus in se ipsum*. Para determinar la extensión de esta *potestas* se ha acudido a la distinción de *derechos innatos* — intangibles e inalienables — y *derechos adquiridos* — tangibles y renunciables. Los derechos innatos son, según esta teoría, el derecho a la vida física, que comprende el derecho a la integridad personal y la legítima defensa; y el derecho a la vida moral, a la libertad, a la igualdad ante la ley, a la sociabilidad, a la asistencia y al trabajo Los derechos adquiridos son los patrimoniales. Estos últimos son los únicos renunciables.

Sin entrar ahora en el detalle ni en la crítica de esta teoría, bastante trasnochada por cierto, es preciso hacer notar, con todo relieve, que la facultad de consentir una renuncia de un derecho personal encuentra un doble límite: el derecho ajeno y el interés público.

Sentemos, pues, un principio general: el consentimiento de la parte lesionada no puede constituir una causa justificante. Tiene razón Adolfo Prins al afirmar que ''en un sistema jurídico en que la ley penal es de orden público, y en que la pena se impone en nombre de la sociedad entera, y, por consecuencia, del ministerio público, su representante, no es posible derogar por convenciones particulares las leyes de orden público''.

En el fondo no discrepa de este concepto Felipe Grispigni, pues reduce el ámbito del consentimiento eficaz para destruir la ilicitud del acto, a estos tres grupos de casos: cuando se trata de derechos privados cuya lesión, por sí sola, no constituye delito; cuando se refiere a derechos privados patrimoniales; y cuando versa sobre derechos privados cuya lesión únicamente es perseguible por el derecho penal, a instancia o querella de parte.

Pero la afirmación antedicha, de que el consentimiento tiene un valor justificante nulo, no se desplaza por ese reconocimiento de que existen ciertos delitos que llevan, como elemento esencial, el supuesto de que acontecen contra la voluntad o al menos sin la voluntad del sujeto pasivo. No habrá, en efecto, robo, violación, rapto de fuerza, detención ilegal, etc., si la persona robada, violada, raptada o secuestrada, ha consentido. Pero sería absurdo hablar, en tales casos, de causa de justificación. Lo que acaece realmente es que se impide que el delito nazca, por falta de uno de los elementos característicos de la especial figura delictiva de que se trata. Sería cómicamente ridículo que cuando yo permito que otro tome una cosa mía como regalo, se diga que hay un hurto justificado por el consentimiento. El permiso del propietario ha hecho surgir una figura jurídica bien distinta al delito contra el patrimonio: en ese caso nos hallamos en presencia de una donación.

Este principio general, de no influencia del consentimiento en los delitos, redobla su fuerza cuando se refiere al homicidio solicitado, incluso cuando el que demanda la muerte lo hace para librarse de los tormentos de una enfermedad. Pero, aunque la simple ley de la lógica lo demuestra, quiero, tras estos preliminares sobre el consentimiento, pensar sobre el asunto en más directa relación con la facultad de aniquilar los seres humanos desprovistos de valor vital.

b) El homicidio consentido

El homicidio solicitado por la víctima — que Carrara y Mittermaier se preocuparon ya de distinguir (reconociendo las arduas dificultades para lograrlo) del auxilio procurado al suicida — no puede hallar excusa en el consentimiento. Nada más absurdo, a mi juicio, que tratar de este caso — exceptuado en el Derecho romano de la máxima parcial *volenti non fit injuria* — de dar significado justificante a la solicitud del sujeto pasivo. Lo que constituye la esencia del delito es ser un acto antisocial y constituir un ataque al

orden jurídico; por tanto, la pena es cosa distinta de la reparación, puesto que tiene un carácter social. Así, pues, la voluntad privada, incluso la del ofendido, no puede tener el valor de borrar la criminalidad del acto, excluyendo toda pena.

Esta figura delictiva, que Ferri llama con genial expresión, *homicidio - suicidio,* ha sido objeto de sanciones por un gran número de Códigos penales. Así, por ejemplo, los de Alemania, Finlandia, España, Hungría, Ticino, Holanda, etc., etc., y los Proyectos de Suiza y Alemania. El Código alemán, en su § 216, y el Proyecto de 1925, en su § 223, hablan de "petición expresa y seria" del sujeto pasivo, y el Proyecto suizo de 1918, en su artículo 101, de "petición seria e insistente". La cooperación en el suicidio de otro — por instigación o por ayuda, como procurar el veneno o el arma — ha encontrado también sanción en los Códigos penales, como delito propio — "participación en el sucidio ajeno" — pues sin ello , como observa con su gran maestría Francisco Carrara, no podría ser posible, ya que sería un absurdo hablar de cómplices del suicidio, no siendo éste delito.

c) El consentimiento en la Eutanasia

En suma: El consentimiento no legitima el homicidio — ni la ayuda a quien por sí mismo se da muerte — y sería inútil invocarlo en el exterminio de las vidas atormentadas. El derecho a morir que Ferri invoca en los casos de homicidio consentido no es lo mismo que el derecho a matar.

Enrique Morselli ha escrito bellas páginas sobre el escaso valor psicológico del consentimiento. ¿Podría decirse siempre — comienza preguntando el gran mentalista — que está en la integridad de sus facultades el enfermo que reclama la muerte? ¿No es a menudo el suicidio un motivo para dudar de la salud mental de quien se arranca la vida? Pero, sobre todo, es preciso reconocer que es muy dudosa la consistencia jurídica del deseo o de la voluntad expresados y concebidos en momentos de dolor, cuando la mente está domi-

nada por la emoción y la angustia, cuando por el estado autotóxico del cerebro pueden faltar del todo o estar muy disminuídas la conciencia y espontaneidad de los propios actos.

Mas aunque el consentimiento pudiese tener efectos justificantes en las acciones contrarias a la norma, aunque su valor psicológico fuera revelador de una intuición clara y premeditada, sólo sería aplicable a un aspecto reducido del problema en que me ocupo. El ámbito dilatado de la eutanasia no sólo abarca los casos en que el enfermo incurable y dolorido demanda la muerte, sino aquellos otros de dementes incurables e idiotas sin remedio, y los de inconscientes que recobrarán sus sentidos para encontrarse en el más miserable estado. Para estas categorías el consentimiento no es posible invocarlo. Es cierto que sería dable suplir su voluntad con la de sus padres o representantes legales, pero sería por extremo difícil sobrepasar los riesgos de arbitrariedad a que ello daría lugar, oriundos de concupiscencias económicas o del deseo de librarse de la pesada carga que supone el infeliz demente. Por eso los más destacados y decididos partidarios de la eutanasia han propuesto la creación de comisiones oficiales, encargadas de decretar la muerte de esos desdichados seres. Con ello el consentimiento queda ausente de valor justificante, a pesar del autorizado parecer de José Ingenieros, que veía en él la causa más legítima de impunidad en los casos de homicidio piadoso.

Acudamos, pues, a otros criterios dirimentes.

2. — La ejecución de actos dirigidos a un fin reconocido por el Estado

a) La justificante creada por Liszt y Garraud. Teoría de M. E. Mayer

Algunos de los más grandes tratadistas de Derecho penal — como Franz von Liszt y Renato Garraud — forman un grupo de causas justificantes con una serie de actos en los que la antijuridicidad desaparece por ser un medio pa-

ra el mantenimiento de un fin reconocido por el Estado. No está muy distante de esta teoría la opinión de Max Ernesto Mayer, que incluye esas acciones en el grupo de actos justificados por entrar en la "esfera de libertad dejada por el Estado".

Así, por ejemplo, aplicando la certera doctrina del fin oficialmente reconocido, nos encontramos que, del hecho de admitirse una industria, se deduce que los peligros resultantes del funcionamiento regular de la misma no son ilícitos; si se permite oficialmente el establecimiento de una orden mendicante, la mendicidad de sus miembros no puede constituir delito, ni aún en aquellos países en que se castiga a los mendigos como delincuentes; la autorización, por parte del Estado, de una lotería o rifa, hace imposible que se estimen como delictivas la adquisición y expedición de billetes.

Entre los fines reconocidos por el Estado se halla el de proteger, conservar y mejorar la salud y la belleza de los miembros que le integran, y en razón de ello se legitiman actos que a veces tienen apariencias de ataques o lesiones. Esa finalidad curativa o cosmética es lo que justifica el tratamiento médico-quirúrgico, de que hablé extensamente en una de mis conferencias pronunciadas el año 1923 en esta Universidad; el objetivo de dar un avance a los estudios biológicos, base de los progresos de la Medicina, hace que no caigan bajo la acción penal o de las leyes protectoras de animales, y queden, por tanto, impunes los experimentos en bestias vivas, o sea la vivisección; y, por último, las miras de mejorar la salud y el vigor de la raza, eximen de todo castigo a los que causan a otros lesiones en un deporte, siempre que se hayan observado las reglas del juego, cuyo problema ha sido elegantemente analizado el año último por Pedro Garraud en la *Revue internationale de Droit penal.*

b) La eutanasia y la selección como fines aceptados por el Estado

Debe reconocerse que sólo interpretando con esfuerzo y

ficción esa teoría del fin reconocido por el Estado, de proteger, conservar y mejorar la salud y la belleza de los miembros que le integran, podrían introducirse en él las medidas de Eutanasia y Eugénica, y, sobre todo, de Selección. Ya hice constar que, llevando hasta las extremas consecuencias el principio de defensa social, podría hacerse del Derecho penal un instrumento seleccionador. Pero lo cierto es que sólo algunos contados países — como Norte América, en que se prohibe el matrimonio a las personas aquejadas de ciertas taras, y se practica la esterilización de los anormales y delincuentes incorregibles — han reconocido la eugenesia y la selección como un fin aceptado por el Estado.

Transformar todo el Derecho primitivo en un Derecho seleccionador me parece una utopía peligrosa, de la que estamos muy distantes los que queremos convertirle en un Derecho protector de los criminales.

Parece, pues, evidente que si el aniquilamiento de las existencias humanas desprovistas de valor vital ha de quedar impune, se precisa invocar otro motivo justificante.

3. — El móvil

a) *Valor del móvil en el Derecho penal moderno*

Los positivistas italianos introdujeron en el dolo, en el que exigían los clásicos únicamente voluntad y conciencia, un elemento más de superlativa significación: el *móvil* del agente, y así ya el acto doloso se integraba, según Ferri, por la voluntad, la intuición y el fin. Justo es reconocer que al Derecho penal moderno debe atribuírsele la importancia destacada que el móvil asume; pero no es menos cierto que ya desde antes el motivo tenía un papel relevante en la imposición de la pena. Así, los Códigos que aplican el sistema demasiado simplista, de las penas paralelas, dotan al motivo de una función calificada. El § 20 del Código penal alemán, comentado el año 1921 por Ed. Guckenheimer en su libro *Der Begriff der ehrlosen Gesinnung im Straf-*

recht, ordena que cuando pueda elegirse entre la pena de reclusión y el arresto en fortaleza, se impondrá la primera cuando el hecho punible se hubiere cometido por un móvil deshonroso. Los Códigos de Holanda, Italia, Noruega y el Proyecto sueco, que en sentido más o menos exacto han hecho uso del sistema de penas paralelas, se basan también en el móvil, y los modernos Proyectos de Suiza, Austria, etc., valorizan también los móviles que guiaron al agente para la más certera imposición de las penas. Algunos Códigos sudamericanos recientes, como el argentino y el peruano, aprecian de igual modo la calidad de los motivos.

Escritores ajenos al positivismo, como Conti en Italia, Liszt, Thomsen, Friedrich, y el citado Guckenheimer en Alemania, han escrito elegantes y atinadas páginas sobre el móvil, e incluso algunos que, como Alimena, reducen su área a proporciones más modestas, no niegan el papel eficaz que el motivo debe desempeñar en la elección de tratamientos penales.

Pero, como he dicho, son los positivistas quienes subrayan su valor con trazo más acusado y visible. Enrique Ferri, que hace del móvil norte y guía de la penalidad, ha hecho aplicaciones de la doctrina al homicidio consentido.

b) *La teoría de Ferri en orden al homicidio-suicidio*

El gran criminalista italiano al abogar por la impunidad del homicidio-suicidio, en ciertos casos, aporta varios argumentos con elocuencia y tino. Discutible me parece el alegato del derecho de morir, implícitamente reconocido por las leyes al no castigar el suicidio, en que Ferri se apoya y que recoge Binding. Pero en cambio estimo singularmente certera la valoración de los motivos. Si el que da muerte a un enfermo incurable, que demanda insistentemente el fin de sus padecimientos, lo hace con un móvil antisocial — para alcanzar más pronto la herencia, o para deshacerse de la pesada carga que representa el aquejado de un mal crónico — entonces sería absurdo declarar la impunidad, puesto

que el agente es *peligroso;* pero, en cambio, cuando le movieron fines altruístas, como la piedad por el acerbo sufrir, sería inútil imponerle una pena, porque no estamos ante un caso de *temibilidad.*

El móvil no egoísta que guía al homicida piadoso es, pues, el único criterio aceptable para declarar la impunidad, ya que el tratamiento punitivo o asegurador debe ser actuado tan sólo sobre individuos *peligrosos,* quedando libre de toda intervención penal quienes no son temibles por el motivo noble que los mueve. Pero el especialista no puede contentarse con esta declaración imprecisa, debiendo componer la manera técnica con que opera el móvil para eximir de pena en el homicidio por piedad.

4. — El homicidio piadoso ¿puede ser una causa de justificación, una excusante o una excusa absolutoria?

Abordemos esta cuestión técnica henchida de transcendencia jurídica. El móvil que pone a cubierto de toda pena al autor de una muerte practicada sobre un enfermo sin salvación o un demente incurable y agitado, ¿será una causa justificada, un fundamento excusante o una excusa absolutoria?

Otorgar la cualidad de "causa de justificación", al homicidio compasivo me parece, en verdad, ir demasiado lejos. Reconocer que falta, en tales actos, el carácter de antijurídicos, de contrarios al derecho, me deja transido de perplejidad. Menos mal me parecería ampararlos bajo la rúbrica de "causas excusantes", (*Entschuldigungs-gründe*), es decir, motivos que excluyen la culpabilidad según la fina exposición de Max Ernesto Mayer y Augusto Köhler; o acaso fuera mejor dotarlos de la más restringida propiedad de "excusas absolutorias", que son aquellos hechos en que a pesar de darse los caracteres de antijuridicidad y culpabilidad, quedan impunes en razón de las circunstancias que concurren en la persona del autor.

Pero, a mi juicio, ni a la modesta excusa absolutoria, con-

signada especialmente, debe llegarse en este asunto. Yo no quisiera ver escrito de manera expresa que el homicidio piadoso debe quedar impune. Marchemos por vías menos tasadas y pongamos el perdón en la esfera del libre arbitrio judicial.

C) La solución correcta

Rechazo de plano, repugnado y entristecido, la organización, con todo el aparato de legalidad, del exterminio de las personas aquejadas de incurables males o de demencia irremediable. Esas comisiones encargadas de dictaminar sobre el aniquilamiento de los enfermos sin salvación, y esos establecimientos en que se practicaría oficialmente la eutanasia, postulados por Binet-Sanglé, Binding y Hoche, levantarían huracanes de protesta en la sentimentalidad del pueblo, que sentaría un paralelo entre tales medidas y las que se cumplen en las grandes ciudades con los canes transeúntes, y peligrosos.

Pero el problema de la muerte dada por compasión, al enfermo incurable y dolorido, consciente de su mal y de su estado, que desea abreviar sus padecimientos, debe ser resuelto con justicia y humanidad. Mas para hallar una solución correcta se precisa fraccionar el tema. Hay que distinguir la eutanasia médica, de la práctica del homicidio por piedad ejercida por familias o amigos fieles y desinteresados.

El médico, se dice, no puede practicar la eutanasia con el premeditado designio de producir la muerte; pero llega a ella como un medio de cura. Por desgracia la medicina no siempre sana; la mayor parte de las veces sólo alivia los padecimientos. Curar no es sólo sanar, es aliviar también. Mas cuando el médico, ante dolores acerbos e intolerables, aplica medios analgésicos y narcóticos, es consciente de que abrevia la existencia del enfermo, de que le acelera el fin de sus días crueles. Pero al médico no le guía la intención de matar al paciente, ni aún por piedad, sino que su único designio es aliviarle, disminuirle el sufrimiento. Por eso el

problema de la eutanasia practicada por los médicos en sus justos límites, carece de sustancia polémica, porque, como escribió Binding y como acabo de decir, más que una forma de matar a los enfermos es una verdadera cura, un remedio sintomático de los más espantosos dolores, un medio beneficioso para los que sufren cruelmente.

En las otras formas de eutanasia, a veces más violentas, que practica un particular cualquiera ligado al paciente por vínculos de familia, de amistad o de amor, es cuando emerge la cuestión debatida y cuando el móvil adopta su importancia máxima. Si no le guió al matador un motivo egoísta, si no deseaba recoger la herencia o libertarse de cuidados prolijos y fatigosos, sino que le movían causas verdaderamente piadosas y compasivas, hay, a mi parecer, un procedimiento certero de impunidad sin dibujar en las leyes el contorno de la eutanasia.

Démosle al juez facultades de perdonar. Pero no en forma de perdón legal, especialmente consignado a determinadas infracciones, sino en forma amplia y generalizada, de verdadero perdón judicial. Menos debe condicionarse a la levedad de los delitos, como hicieron los variados proyectos franceses que no alcanzaron vigencia. El precepto pietista que postulo será amplio, concediendo al juez la facultad de perdonar cualquier delito, incluso los objetivamente graves, siempre que el sujeto revele socialidad de los motivos y nulo estado peligroso. En la ancha fórmula podrían hallar perdón el cónyuge que en el justo dolor de saberse engañado por el otro, de manera afrentosa e injustificada diere muerte al adúltero; el padre que mata al agresor de su hijo fuera de legítima defensa; y tantos otros autores de figuras delictivas que en el caso concreto presentado al juez, merecen indulgencia plenaria.

Puesta en manos del magistrado la facultad de perdonar, no habrá juez alguno que, a pesar de tener ante él la ley punitiva del homicidio consentido, pronuncie una condena contra el que abrevie los padecimientos de un canceroso que clama por la muerte en los últimos días de sus la-

cerantes angustias, o de un atacado de hidrofobia que pide la liberación de los terribles espasmos que le martirizan.

Yo sé bien que la justicia y la piedad tienen áreas distintas; pero tampoco ignoro que la justicia transida de piedad es, a veces, más justa.

DESPEDIDA

He terminado la tarea que me había propuesto desenvolver. Vamos, señores, a separarnos. Durante una semana he convivido con vosotros, no sólo desde esta tribuna sino en más íntimo y cordial contacto. De los profesores que forman este claustro tenía de sobra arraigada la más alta admiración. El gran catedrático José Irureta Goyena, el profesor Romero y todos aquellos que laboran y trabajan en Derecho penal, eran para mí ya conocidos desde mi anterior estada. Me ligaba con ellos, no sólo el compañerismo y el afán de la misma tarea, sino la cordialidad de una relación amistosa.

He de separarme de vosotros, y al deciros hoy "adiós!" debo expresaros las más finas gracias por tanta atención y rendimiento. Habéis, con sobrada benevolencia, escuchado mi palabra con máxima cortesía que en muchos instantes ha sido tal vez, generosa más que justa; y si pudiera directamente, de corazón a corazón, expresaros todo mi agradecimiento, veríais cuán grande es mi deuda de gratitud. Las frases son vanas y nada significan: son demasiado pobres para expresar los sentimientos.

Quiero cumplir, antes de mi partida, una misión que me es superlativamente grata. Los estudiantes de la Universidad de Madrid, los estudiantes que cursan leyes, me encargaron de ser el portador de un mensaje de saludo. Son los estudiantes españoles, como vosotros, jóvenes inquietos, ansiosos de ideal. Tienen un concepto de Hispano - América que se separa en absoluto del criterio oficial, y no profesan ese hispano - americanismo de banquete y frac, que no abrirá jamás una sola vía ni en las inteligencias ni en los cora-

zones. Saben que si todos los españoles y los hispano - americanos podemos confundirnos en un abrazo fraternal, no será por intermedio de esos organismos oficiales, por pomposo que sea su nombre. Saben muy bien que sólo el intercambio intelectual y el acercamiento estudiantil pueden hermanarnos. La España joven que ha declarado fenecida para siempre la tendencia imperialista se acerca a vosotros, no con bandera desplegada, sino con toda la lealtad del cariño.

Es en mí preocupación constante y predilecta la de intentar fundir la estudiantina española y la hispano-americana, porque tal vez en un futuro que yo desearía próximo, los muchachos de hoy serán los encargados de gobernar libre y democráticamente los pueblos de nuestra lengua.

El mensaje que traigo no es un conjunto de palabras líricas, es un documento sereno y transido de afección hermana que revela el deseo de intimidad.

Los estudiantes de Madrid, desde el otro lado del mar, tienden los brazos hacia vosotros, sabiendo que si nos separa el Atlántico, nos unen la raza y el idioma, lazos espirituales de indestructible fortaleza.

Conferencia

Pronunciada en la Universidad de Montevideo por el doctor Ricardo Foster, Decano y Profesor de Geografía Economica Política de la Facultad de Ciencias Económicas, Comerciales y Políticas de la Universidad Nacional del Litoral (Rosario de Santa Fe, República Argentina).

Señor Rector:
Señoras:
Señores:

Por primera vez en mi vida de simple estudioso y de docente, se me presenta la oportunidad, forzada ella por las circunstancias, de conferenciar ante un auditorio tan selecto como el que me escucha. Es más; nunca imaginé verme en esta altísima tribuna de la Universidad Mayor de Montevideo, ya de larga tradición y ocupada tantas veces por personalidades científicas y literarias de tanto fuste, que el solo escalarla importa un honor inmerecido para quien como el que habla, carece de toda fama en el orden de actividades en que en este instante me veo empeñado.

Perseguidor constante de la verdad, es norma de mi vida el proclamarla como la siento, cualquiera sea la consecuencia que ello pueda acarrearme, por lo que no habré de ocultaros que, personalmente, tengo una prevención manifiesta contra los conferencistas; porque la experiencia me ha demostrado, salvo contadísimas excepciones confirmatorias de la regla, que todos los conferencistas, especialmente aquellos que se proponen tratar temas científicos, por más arte y saber que utilicen en sus exposiciones, siempre quedan cortos con relación á la fama que los precedía como autores de libros o mono-

grafías. A mí no puede ocurrirme otro tanto, aun cuando más no sea que porque no vengo precedido de fama alguna, y porque mi escasísima producción literaria de la época de estudiante, bien lejana por cierto, única época en que dispuse de algún tiempo para dedicarme a ella, no perturbó, felizmente para el resto de la humanidad, más que al círculo de los íntimos.

No dudo de que muchos de los que en este instante tienen la benevolencia de escucharme, compartirán conmigo aquella prevención contra los conferencistas aunque sean reconocidamente sabios, desde que la insuficiencia del resultado práctico de sus exposiciones no es consecuencia de falta de acerbo mental, sino simplemente de la exigüidad del tiempo disponible para ocupar la atención del auditorio, lo que no permite desarrollar, con la amplitud debida, ningún tema científico de cualquier carácter que sea, y obliga a la síntesis siempre enemiga de la enunciación integral de la verdad.

Si vengo a conferenciar ante vosotros es, decía, obligado por las circunstancias, cumpliendo una misión de acercamiento y de compenetración intelectual entre el profesorado tan distinguido de esta Universidad y el de la Facultad que represento. La conferencia, es el pretexto, y como tal, os ruego la consideréis.

Procurando no seros muy gravoso, y aun cuando más no sea para responder en una mínima parte a los inmerecidos elogios de la presentación, me ha preocupado intensamente la elección de tema, precisamente para no caer en la innocuidad del noventa y cinco por ciento de los coferencitas que andan por el mundo, quienes podrán ser muy útiles como divulgadores ante auditorios de limitada cultura, pero que siempre se quedarán muy atrás de sus propias producciones impresas, cuando traten de hablar ante públicos de cultura universitaria como el que me escucha.

La visita que hace poco realizaran los doctores Musso y Salgado a la ciudad de donde vengo, provocó en ellos algunas manifestaciones de sorpresa y admiración por el aspecto general de la urbe: manifestaciones que no dejaron de im-

presionarme, por lo que importaban el desconocimiento anterior de lo que veían, no obstante la indiscutible cultura que los distingue. Es que los hombres de ciencia, como los que más, absorbido su pensamiento, encauzada su idieología en determinadas disciplinas científicas, se ven forzados a desconocer a veces las cosas más vulgares, aun cuando estén viviendo sobre ellas. Es el caso del astrónomo que, absorto en el campo visual de su telescopio, ni siente el frío ambiente que martiriza sus extremidades, ni se apercibe de que una sutil araña procura ligar su humanidad al respaldo de la poltrona en que se encuentra sentado, para crear un campo de aprovisionamiento, evidentemente más práctico para ella, que aquel que el sabio percibe a través de las lentes que lo aproximan al mundo estelar y planetario.

El desconocimiento de los colegas doctores Musso y Salgado sobre lo que era el Rosario, el que tal vez no fuera más que simulado y consecuencia directa de una excesiva y exquisita amabilidad, me hizo presuponer el del público uruguayo en general.

Si me equivoco, ellos serán los únicos responsables del tema elegido para esta conferencia. Creo sin embargo y a pesar de todo, estar en la verdad, porque existe una circunstancia que obliga a tal deducción, cual es la del conocimiento exacto que todos los uruguayos tienen de lo que es la gran metrópoli de Buenos Aires, conocimiento que generalmente implica para los extranjeros que la visitan, el perder la oportunidad de conocer el resto del país.

Buenos Aires, con su enorme crecimiento que no trepido en calificar de morboso y perjudicial para los intereses generales de mi patria, es, como centro incontestable de múltiples atracciones, un detentor, un verdadero acaparador de los extranjeros que llegan a él con la más sana intención de conocer la República Argentina, y que luego se quedan tan sólo con esa intención.

Es el peligro de las grandes capitales que parecieran siempre vestidas de fiesta; promisoras de placeres y entretenimientos inacabables; disfrazados sus centros de trabajo, sus

casas de dolor y hasta sus antros de vicio, con amplias avenidas arboladas, con parques y jardines sembrados de grupos escultóricos, con grandes monumentos artísticos, con profusión de luces, con lujosos escaparates, con innumerables teatros y demás lugares de esparcimiento; todo, todo ello, con la finalidad de que el visitante sólo reciba una impresión estética que llene su espíritu de contento, que lo haga sentirse pletórico de felicidad. ¡Por eso es que hay tantos argentinos que no conocen de Francia, no ya de Europa, más que París!

Recuerdo que a raíz de la gran conflagración europea, procedente de la frígida Polonia invernal, a donde llegara con intenciones de curiosear en cuanto me fuera posible aquel país invadido entonces por el amenazador y tétrico ejército rojo de los bolcheviques rusos, y que fuera una de las últimas etapas de un largo viaje realizado a través de quince países distintos, a mi llegada al puerto de Buenos Aires, apenas puesto el pie en la planchada de desembarco, fuí abordado por el repórter de un gran rotativo porteño, inquiriéndome noticias sobre la situación de la Europa de la post guerra.

Hícele una ligera síntesis de mis impresiones sobre los países que acababa de recorrer. No satisfecho, me pidió noticias más precisas sobre París, lo que significaba que era conocedor de su clientela. Me concreté a responderle que, a ese respecto, ocurriera a cualquier otro de los argentinos que venían a bordo, en la seguridad de que sus deseos serían ampliamente satisfechos.

Buenos Aires, dentro de la República Argentina, desempeña un rol semejante para el común de los extranjeros que nos visitan. Es ni más ni menos, con respecto al resto de las ciudades de la Argentina, que un enorme telón de boca, ocultador de las siempre interesantes bambalinas; interesantes, aun cuando más no sea porque es en ellas que se puede llegar a conocer la personalidad propia de los artistas, que luego habrán de salir a escena a simular lo que no son en realidad.

Creo prudente manifestaros, que es un porteño a quien es-

cucháis, pero un porteño que ha recorrido todo su país antes de dar un solo paso fuera de él.

Y bien; partiendo del supuesto de que la ciudad de Rosario de Santa Fe, segunda por su importancia de la República Argentina, no es conocida de vosotros como debiera serlo, me propongo hablaros de ella, inclinando mi exposición a contemplarla con preferencia desde el punto de vista de su desarrollo económico y comercial, ya que vengo a ocupar esta tribuna en representación de la Facultad de Ciencias Económicas, Comerciales y Políticas que funciona en ella, como dependiente de la Universidad Nacional del Litoral, la más joven de las universidades de la Argentina.

Han transcurrido dos centurias completas, desde que originariamente recibió el nombre de "Pago de los Arroyos", hasta lo que es hoy la ciudad de Rosario de Santa Fe; inmenso colmenar para el que la labor intensificada en todos los órdenes de la actividad humana, constituye la característica dominante de sus pobladores.

Fué iniciado aquel pago en una posición geográfica elegida casi al azar y sin otras causas determinantes para sus primitivos moradores, que las de alejarse de la vecindad de tribus salvajes que asolaban la campaña septentrional, interponiendo unas cuantas corrientes de agua de cierta importancia, como valladares naturales a la acción rápida y fugaz que distinguía al malón indígena, mezcla de valor por la osadez en la arremetida y de cobardía por la inmediata retirada.

Esa actitud de los primeros habitantes del pago, huyentes del estado de guerra, buscadores de la paz, condición indispensable para el ejercicio normal de las actividades productivas del ser humano que es base ineludible para el progreso económico de todo grupo social, pareciera como que fijó para siempre la idiosincrasia propia de los moradores de la posterior aldea, villa y ciudad, ya que ellos nunca se distinguieron por un carácter bélico, fuera de las contadísimas

oportunidades en que la guerra civil los obligó a contribuir con el poder de su brazo armado a la definitiva formación institucional de la patria, herida entonces por la tiranía, como cuando el levantamiento de 1851 contra Rosas, o cuando la Nación se vió precisada a unir sus fuerzas militares con las del Uruguay y Brasil, para derrocar la que se había enseñoreado sobre el pueblo hermano del Paraguay.

Rosario no ha sido nunca una ciudad heroica por sus hechos de armas; en cambio, lo ha sido siempre por las fuerzas vivas que ha aportado para el engrandecimiento de la patria con la labor tenaz y fecunda de sus moradores, timbre de gloria éste, que para la humanidad futura, para la humanidad en que habrá de predominar la razón sobre la fuerza, será sin duda alguna mucho más meritorio que los que puedan provenir de los fugaces laureles que los pueblos conquistan a base de los sentimientos de combatividad desgraciadamente innatos en el hombre de ayer, y de hoy todavía, pero que con el andar de los tiempos habrán de anquilosarse por medio de una pertinaz y más perfecta educación moral. Las glorias del trabajo son eminentemente sociales, por lo constructivas, ya que no hay victoria de armas sin que se yerga sobre un montón de escombros.

A diferencia del resto de las hoy grandes ciudades de la Argentina, nacidas casi todas ellas como consecuencia de la conquista española, y principalmente presididas en su fundación por la necesidad de establecer esa conquista y ampliar horizontes para el progreso de la colonia, circunstancia que hacía preciso razonar previamente sobre la conveniencia de establecer los centros de población en puntos geográficos determinados, el Pago de los Arroyos se formó por la fuerza de los hechos, en uno de los tantos puntos semejantes, al oriente de las dilatadas pampas y a las márgenes del caudaloso Paraná.

Sus fundadores sólo tuvieron en cuenta la feracidad del territorio en que se asentaban, porque esa feracidad representaba para ellos la seguridad del fácil sustento, en especial por la abundancia de haciendas cimarronas. No miraban hacia el porvenir, puesto que sólo trataban de salvar

una situación del momento ante las persecuciones de los indios guaycurúes. No tuvieron en cuenta para establecerse, ni las condiciones climatéricas de la región, ni la profundidad del río, ni la altura de las barrancas, ni la constitución geológica del suelo de los alrededores, esa suma de factores físicos que tan fundamentalmente contribuyeron luego al formidable desarrollo económico de la ciudad de Rosario.

Por aquel entonces, en las épocas de la aldea y de la villa, lo reducido de la población y el aislamiento en que vivía, propio de la falta de vías de comunicación apreciables, hacía que Rosario figurara en la vida colonial de la Gobernación y después del Virreynato del Río de la Plata, más que como un apeadero, un lugar de reposo para los viajeros y las lentas carretas que traficaban entre Buenos Aires y Santa Fe. La vía navegable era comúnmente despreciada para el remonte del río, no sólo por la imperfección de los barcos, todos a vela o remo, sino también por la fuerte correntada cuando se trataba de comerciar con el interior.

No obstante, el paulatino aumento de la población se iba pronunciando normalmente, debido al establecimiento de estancias en los alrededores de la aldea, como consecuencia lógica de los pastizales naturales existentes en los campos circundantes.

La ganadería, fuera de algunos incipientes comercios de "pulpería" en el centro poblado, era la única ocupación o actividad económica del hombre de aquella época.

En 1741, ya se puede apuntar un fenómeno de orden económico, demostrativo de un cierto desarrollo alcanzado por la aldea. Me refiero a la venta realizada por un tal José de Suero, de 1560 varas de terreno de su propiedad, efectuada en parcelas que fueron transmitidas a doce vecinos diferentes. La subdivisión de propiedad territorial ha importado en todas las épocas y pueblos un índice de mayor producción, y es por ello que hago resaltar el acontecimiento.

Sin embargo, sesenta años más tarde, al comenzar el siglo XIX, Rosario apenas había llegado a ser una agrupamiento de ochenta habitaciones, en su casi totalidad ranchos de adobe con techos de paja, circundado por ochenta y cua-

tro estancias en las que realmente residía la fuerza vital de la aldea. La población total de ésta y de aquéllas alcanzaba a 5879 habitantes, de los que 4691 eran españoles y criollos y 1188 indios y esclavos pardos y morenos, correspondiendo tan solo 400 almas a lo que era la aldea en sí.

De la producción de las estancias se obtenía por la autoridad, un diezmo de 800 mulas y 3000 vacunos, cifras que fácilmente permiten deducir el número de cabezas de ganado que en ellas existía.

La vida pastoril siguió siendo la principal ocupación, especialmente para la producción de mulas que obtenían altos precios en el mercado salteño, de donde se exportaban para Bolivia y Perú. Al lanar, se le tenía como simple animal de consumo, no dándosele entonces ningún valor a la producción de lana.

Por lo que respecta a actividades agrícolas, eran casi nulas, no obstante la fertilidad natural del suelo. El hombre de entonces, se alimentaba casi exclusivamente de carne asada y de infusión amarga de yerba mate, que se traía por vía fluvial desde el Paraguay.

Sólo existieron por aquellas épocas algunos incipientes cultivos de trigo, cebada, maíz, hortalizas y frutales, para el consumo inmediato de sus propios cultivadores; pero que sirvieron para que los pobladores comenzaran a formar criterio sobre la bondad del territorio en que habitaban, y para que fueran acumulando conocimientos experimentales que, aprovechados luego por las generaciones posteriores, dieran por consecuencia el espléndido fruto de las cosechas actuales.

La mayor cultura de alguno de los habitantes del Rosario primitivo, — me refiero a su primer historiador, don Pedro Tuella, — lo hacía prever la capacidad productiva de las tierras circundantes, cuando refiriéndose a ellas las juzgaba de liberales, francas y generosas, capaces no sólo de sustentar a sus pobladores, sino también de proporcionarles incalculables riquezas siempre que se las pidieran con su sudor y fatigas.

Y así continuó el Rosario en la época que me permito calificar simplemente de promisora, durante toda la primera

mitad del siglo pasado, pujando por ascender, pero entorpecido en su desarrollo económico por la guerra civil, primero, y la tiranía después, estados de perturbación social que sucedieron a la época de las luchas por la emancipación.

Sólo se notan en ese período, leves adelantos de población en la villa, llegando en el año 1851 a tener apenas 3.000 habitantes, después de ciento veinticinco años de existencia.

El hecho de que en los setenta y cinco años restantes hasta alcanzar la segunda centuria, la población de Rosario se haya más que centuplicado. (El dato de 340.000 habitantes para el momento actual es prudentemente aproximado, siendo más posible que se exceda de dicho número), demuestra con toda evidencia que la real era de progreso para la ciudad, se desarrolló con franqueza recién en la segunda mitad del siglo anterior. Es, realmente, la época de mayor propulsión y ejecución de lo que el pasado prometía, correspondiendo a los ciudadanos que han colaborado en el primer cuarto del siglo actual, el honor de haber reafirmado y consolidado para siempre el poderío económico de la ciudad de Rosario, que hoy se destaca con perfiles bien nítidos en el escenario nacional.

A la posición geográfica del Rosario, admirablemente asentado a orilla de uno de los cauces más profundos del Paraná, circunstancia que permitía que los buques de ultramar pudieran prolongar su navegación marítima por la vía fluvial hasta la base misma de sus barrancas, haciéndolo así puerto cabecera del centro y norte de la Argentina, y por lo tanto, salida casi forzada de los productos de las más extensas y feraces regiones de la República, se sumaron varias causas de orden político y económico en los comienzos de la segunda mitad del siglo XIX, que determinaron su avance a saltos de canguro, dando uno de los ejemplos más destacados en la historia de los pueblos, por la rapidez casi desconcertante de su desarrollo.

Perfilada en forma decidida la campaña del General Urquiza contra la tiranía de Rosas, tiranía que tenía estrangulado todo el progreso especialmente en los órdenes institucional y económico, llegó con el ejército libertador a su paso

por Rosario, el más civilizador de los argentinos de nuestro pasado histórico, el inmortal Sarmiento, quien apareció acompañando a sus armados camaradas, armado también, pero con el arma más propulsora de la cultura y civilización humanas. Llevaba consigo una imprenta portátil con la que editó la primer hoja que fuera impresa en la villa de Rosario, y en la que sintetizando sus impresiones sobre la población, dijo: que por su posición topográfica, estaba llamada a ser uno de los más poderosos centros comerciales de la República Argentina. El estado actual del Rosario, importa la plena confirmación del vaticinio de Sarmiento.

Poco después, en 1852, Urquiza, compartiendo las opiniones de Sarmiento y ungido con el cargo de Director General de la Confederación, se dirigía al Gobernador Crespo de Santa Fe, solicitando que el Rosario fuera elevado a la categoría de ciudad, lo que fué acordado por ley de la Junta de Representantes de la provincia, en agosto de dicho año.

En la vida de los pueblos, la declaración de ciudad significa reconocer su importancia económica del momento y prever su desarrollo futuro En los fundamentos de la ley dictada por la Junta de Representantes se establecía, con toda razón y verdad, que la posición local del Rosario lo ponía en contacto directo con el interior y exterior, y que era evidente el comercio activo que realizaba con todas las ciudades de la República.

A esto se habían hecho acreedores los 3.000 habitantes con que contaba el Rosario al finalizar sus primeros veintinueve años de existencia como villa, lo que expresa bien claramente cuáles fueron las actividades productivas desplegadas por ese reducido núcleo de factor humano.

Algunos días después, en el mismo mes y año, el 28 de agosto de 1852, se produce para el Rosario un gran acontecimiento que habría de repercutir fundamentalmente en su desarrollo económico: el Director Urquiza, al reglamentar las aduanas nacionales, declara al Rosario, puerto habilitado con aduana. Esto, unido a la libertad de navegación de los ríos que el mismo Urquiza decretara, significó abrir la válbula por donde habría de precipitarse el subsiguiente progreso que la ciudad experimentó.

Cuatro años más tarde, ante la pretensión de absoluto dominio comercial y económico del Gobierno de Buenos Aires sobre el resto del país, el General Urquiza completaba su obra en pro del adelanto del Rosario, promulgando una ley de derechos diferenciales, con la que se desvió el comercio internacional de la Confederación que se realizaba casi totalmente por el mencionado puerto de Buenos Aires, hacia el puerto del Rosario, que desde entonces adquirió todos los relieves de tal.

Solo tres años, hasta 1859, duraron los efectos de aquella ley, pero ello bastó para que el Rosario se beneficiara grandemente con el establecimiento de muchas importantes casas de comercio y otros negocios derivados de su situación de puerto obligado de la Confederación.

Es a esa circunstancia que se debe el que en siete años se triplicara la población de la ciudad. En 1858 contaba ya con 9785 habitantes.

La organización nacional y la estabilización de las instituciones que subsiguió a la caíada del tirano Rosas, comenzaron a atraer al inmigrante y a los capitales extranjeros, siendo ambos los puntales más eficientes en que ha apayado nuestro país para alcanzar el estado de progreso y adelanto en que hayse encuentra, en todos los órdenes de la vida de relación.

La inmigración empezó a acentuarse con caracteres definidos allá por el año 1857, dando origen a la colonización, principalmente en la provincia de Sannta Fe, con ella se inició la producción agrícola que fué su consecuencia inmediata.

El riel apareción en el escenario económico del país, y también fué Urquiza, quien propició que el Rosario fuera cabecera de la primera red hacia el interior.

Con esos nuevos elementos que progresivamente fueron aumentando en relación a la nobleza de las tierras explotadas, nobleza avaladora por sus preciosos rindes, el Rosasario fué creciendo en importancia como corolario de la potencialidad comercial que su puerto iba adquiriendo, por ser salida obligada para los productos de la zona de su influencia.

Una rápida incursión por el campo de las cifras estadísticas referentes al número de sus habitantes, habrá de servirnos para estimar con justeza el progresivo adelanto que iba experimentando.

He dicho que en 1858, época de la Confederación, se alcanzó un total de 9785 habitantes.

Once años más tarde, a la época del primer Censo General de 1869, el número excedió en mucho más del doble, pues alcanzó a 23169.

Pasaron diez y ocho años antes de que se practicara el Censo Provincial de 1887, en cuya fecha se encontró al Rosario con 50914 pobladores.

Apenas transcurridos siete años más, se realiza el segundo Censo Nacional de 1895, que adjudicó para el Rosario una existencia de 91669 almas, las que en los cinco años posteriores se aumentaron a 112461, según resultados del Censo Provincial de 1900. En cinco años, pues, el aumento había sido de la ponderable cifra de 20792 habitantes.

Seis años después, en 1906, otro Censo Provincial acusaba un nuevo aumento de 38224 almas sobre el anterior, ya que el total de habitantes fué de 150685.

El último Censo Nacional de 1914, arrojó la cantidad total de 245199, lo que importaba un aumento de 94514 habitantes, en un lapso tan solo de ocho años.

De haberse continuado esa progresión, en los doce años transcurridos desde el último censo nacional, la población actual del Rosario debería alcanzar a algo más de 360000 almas. Las oficinas de estadística municipal, dan sin embargo, tan solo una población de 336322 para el pasado mes de Julio.

Como dato complementario sobre población, conviene citarse los censos escolar e infantil practicados el año próximo pasado. El primero arrojó la cifra total de 55566 niños comprendidos entre las edades de cinco y trece años. El cennso infantil acusó un total de 14761 infantes nacidos en el transcurso de los dos últimos años hasta el momento de practicarse la operación, en cuyo instante vivían 12798 de los nacidos, habiendo fallecido, por lo tanto, 1963.

Las últimas cifras censales que acabo de citar, permiten deducir un crecimiento vegetativo anual aproximado de 7000 almas; y desde el punto de vista sanitario constatar que el índice de mortalidad infantil es realmente halagador, desde que sólo acusa el 13.29 por mil de mortalidad en la primera infancia, lo que coloca, a la ciudad del Rosario en uno de los puestos más destacados de la República Argentina por su salubridad.

Corrobora este acerto, el índice de mortalidad general que sólo alcanzó al 15.80 por mil en el pasado año de 1925. En el transcurso de los últimos veinticinco años, se ha ido disminuyendo paulatinamente la mortalidad, hasta el punto de reducirse el índice en un 50 por ciento del que se constataba en los comienzos. El máximum y el mínimum fueron alcanzados respectivamente en los años, 1908 y 1922 con el 32.99 y con el 13.19 por mil.

Los aumentos de población que he apuntado, son reveladores de la vitalidad de la urbe y anunciadores de su brillante futuro como elemento colaborador del engrandecimiento nacional.

A la misma conclusión habrá de conducirnos un análisis, aunque no sea más que sintético, del movimiento portuario, a través de los años transcurridos desde que empezó a figurar como ciudad-puerto.

Hace apenas ochenta y seis años, en 1840 por lo tanto, que los pobladores del Rosario vieron aproximarse a sus enhiestas barrancas el primer buque a vapor. Era "Flambeau" de la escuadrilla francesa que iba a explorar la costa para el proyectado desembarco de las tropas del General Lavalle, cuya oficialidad se organizara en esta siempre hermana tierra del Uruguay, y con las que se intentaría el derrocamiento del tirano.

La libre navegación de los ríos que se iniciara a raíz del éxito obtenido en Caseros por el llamado Ejército Grande, determinó para el Rosario y como correspondiente al año 1854, una entrada de 229 barcos con un tonelaje de 7500, los que al año siguiente se aumentaron a 611 con 24000 toneladas.

Fué precisamente en ese año de 1855, que arribó al puerto el primer barco—un patacho norteamericano,—conduciendo mercaderías directamente del extranjero. Llevaba azúcar, maderas y géneros.

La facilidad de los embarques de productos del país desde la cúspide de las altas barrancas por medio de las clásicas canaletas, que tanto mano de obra ahorraban y como consecuencia de la configuración topográfica del terreno, hizo multiplicar el número de los embarcaderos particulares, y con ello se acrecentó notablemente el movimiento del puerto, el que en 1902, año de la concesión a la empresa que actualmente lo explota, consistió en 632 vapores y 1013 veleros: en total, 1645 buques, tanto de ultramar como de cabotaje, con un desplazamiento total de 1:616.358 toneladas.

Una vez contruído el puerto actual, con sus malecones, muelles, ancladeros y demás instalaciones, y no obstante las trabas impuestas al comercio por la empresa concesionaria que lo ha convertido en uno de los más caros que se conocen,por el monto de las tarifas y la multiplicidad de los derechos que cobra, evidentemente más caros que el de Buenos Aires, por cuya razón, parte de las mercaderías que deberían salir por Rosario, especialmente las del sur de la provincia de Santa Fe, son exportadas por Villa Constitución, el antiguo Puerto Piedras, y hasta por el mismo Buenos Aires; a pesar de que nuestros gobiernos no se han preocupado de canalizar en debida forma la desembocadura del Paraná en el Plata, falta de canalización que obliga a la mayoría de los buques de ultramar que parten del Rosario, a no poder hacerlo con carga completa, completándola recién en Buenos Aires; a pesar también de la desaparición de los embarcaderos particulares hasta una larga distancia de la ciudad (20 kilómetros) en virtud de los privilegios otorgados a la empresa concesionaria, y la desviación consiguiente de algunos de ellos hacia otros puntos de la costa relativamente alejados del centro urbano, el movimiento portuario ha experimentado en los últimos años un crecimiento tan pasmoso, que ha entrado a figurar entre los prin-

cipales del mundo. Sngún mis noticias, ocupa el décimo tercer lugar entre todos ellos, marchando adelante del de Río de Janeiro.

En el transcurso del año pasado, marcó su record con un movimiento de 3570 buques entrados y 3579 salidos, con un tonelaje de registro respectivamente de 3:772.438 y 3:816071. Pero nada permite formarse una idea más acabada del insospechable desarrollo que en tan pocos años habría de producirse en el movimiento del puerto del Rosario, como la comparación de lo que ocurre actualmente, con lo que fué base del cálculo financiero para la celebración del contraconcesión de 1902 entre la sociedad anónima que hoy lo explota y el Gobierno de la Nación.

La magnitud calculada para el puerto proyectado y en cuya construcción y dotación se invirtieron cerca de doce millones de pesos oro sellado, era para un movimiento máximo de dos millones y medio de toneladas al año.

Ese movimiento se alcanzó y se sobrepasó en mucho, antes de que se librara el nuevo puerto al servicio público y apenas iniciada su construcción.

En efecto; en 1904, se importaron por Rosario 577.438 toneladas de mercaderías y se exportaron 2.225,640 formando un movimiento total de 2.803,078 toneladas en el año.

Desde 1908, el movimiento superó a los tres millones de toneladas, salvo algunos entorpecimientos sufridos entre los años, 1916 y 1919 como consecuencia de la conflagración europea.

En la actualidad, cuando recién se ha volcado la primera mitad del plazo de la concesión que es de cuarenta años a partir de 1902, los datos estadísticos correspondientes al año pasado, acusan un movimiento portuario de 4.153,618 toneladas, lo que importa constatar que se ha excedido en 1.653,618 toneladas al cálculo máximo de dos millones y medio que sirviera de base al contrato-concesión, diez y seis años antes de fenecer el plazo del mismo.

Como simple dato comparativo y a los fines de la mayor comprensión de los guarismos expuestos, haré notar que el movimiennto portuario de Río Janeiro correspondiente al

mismo año de 1925 ascendió a 1.340,433 toneladas de mercaderías importadas y 505.225 exportadas. lo que forma un total de 1:845.688, toneladas. Ni aún agregadas el movimiento de cabotaje que es superior al de largas distancias, ya que suma un total de 2:015.755 del que las salidas de mercaderías figuran tan solo con 580.668 toneladas, se alcanza al movimiento portuario del Rosario de Santa Fe.

En cuanto al movimiento rentístico de la Aduana de Rosario, de aquella aduana que creara el General Urquiza en 1852, acusa en los últimos años un aumento considerable. El monto de lo recaudado durante el año 1925, ha sido de 14:658.100.39 pesos oro sellado. A esta preciosa contribución con que principalmente ha intervenido el comercio del Rosario en la formación del erario público nacional, hay que agregar la de 4:675.886.35 pesos moneda legal, recaudados durante el mismo año en la ciudad por concepto de Impuestos internos de orden nacional, que gravitan sobre la venta de alcoholes, tabaco y naipes.

Y ya que el Puerto de Rosario se destaca principalmente por ser exportador de productos agrícolas provenientes de las cosechas obtenidas en la zona de su influencia, habré de terminar las referencias que le conciernen comparándolo a ese propósito con el gran Puerto de Buenos Aires.

En el año próximo pasado se exportó por Rosario el 20.45 % de las exportaciones de lino de todo el país, correspondiendo el 20.61 % a Buenos Aires; el 38.95 % de las de trigo, correspondiendo a Buenos Aires el 25.06 %; y el 43.01 % de las de maíz, correspondiendo a Buenos Aires el 27.69 %.

Otro índice importante para valorar el estado económico del Rosario, es su movimiento bancario, desde que las operaciones de los Bancos son capitalmente develadoras de las actividades mercantiles.

La extensión que va adquiriendo este compromiso, no me permite efectuar un estudio detenido de ese movimiento, por lo que me limitaré a uno de sus aspecto que considero de los más sugerentes: es el que resulta del *clearing* o cámaras compensadoras.

El monto de las operaciones bancarias saldado por compensación en Rosario, alcanzó en el año 1925 a la suma de 4.256.591.614.56 pesos moneda legal, importe que supera al triple del que arroja el resultado de las mismas operaciones realizadas en las ciudades de Córdoba, La Plata, Bahía Blanca y Tucumán reunidas.

Mucho tendría que decir sobre el crecimiento de los valores mobiliarios en las últimas épocas, sobre la sorprendente multiplicación de las casas de comercio, de los establecimientos industriales y los enormes capitales en en ellos invertidos, de las grandes empresas periodísticas, y de la institución, de la Bolsa de comercio cuyas operaciones sintetizan el gran movimiento comercial de la región; pero el tema es tan vasto, que para tratarlo en todos sus aspectos, habría que molestar inmoderadamente vuestra atención.

A lo ya dicho, bastará agregar en forma sintética que, actualmente, la ciudad de Rosario consta según el catastro municipal iniciado en el año 1888, de 25.808 edificios, a los que habrían de agregarse los construídos en la zona del barrio Alberdi, últimamente anexado al Municipio, con lo que se llegaría fácilmente a un total aproximado de 40.000 edificaciones; que existen 3.350 cuadras edificadas sobre un total de 1.775 manzanas, lo que explica que lo recaudado por el Fisco Provincial dentro de la ciudad y durante el año 1925 por concepto de Contribución Directa, asciende a la suma de 3.155.794.50 pesos moneda legal; que dentro del Municipio existen innúmeras casas de comercio de toda naturaleza y cerca de 2000 establecimientos industriales, dentro de ellos la más importante refinería de azúcar de América y después de la Nueva Orleans varios molinos harineros, y yerbateros de grandes magnitudes, destilerías importantísimas, fundiciones, talleres gráficos, aserraderos, y una série de manufacturas y fábricas de artículos de las más variadas especies.

Las cuadras pavimentadas dentro de la ciudad, suman 2100 por las que circulaban, fuera de los no patentados o con patentes de otros municipios, 1774 automóviles, particulares, 845 de alquiler, 443 coches con caballos, 5061 carros,

1154 camiones automóviles, 107 ómnibus y 150 coches de tranvías eléctricos que marchan sobre una extensión de 162 kilómetros de rieles, casi la distancia que media entre el Rosario y la ciudad de Santa Fe, capital de la Provincia.

Además, la población está dotada con 39.828 servicios instalados de aguas corrientes, constando de una cañería principal de más de 465 kilómetros, más o menos la extensión de las vías de vuestro Ferrocarril Midland. En obras de salubridad posee más de 32 kilómetros de túnel y más de 134 de cañerías subsidiarias: en total, aproximadamente la mitad de la distancia que separa esta tan hermosa Capital de Montevideo, de la tradicional Colonia.

La energía eléctrica utilizada en la ciudad, es proporcionada por una usina montada con maquinarias modernísimas, y fuera de la empleada en el alumbrado público y fuerza motriz para los tranvías eléctricos, hay más de 36.000 servicios instalados en locales particulares.

Los teléfonos todos automáticos, hoy día imprescindibles para la mayor actividad de la intensa vida comercial impuesta por las necesidades del actual estado social, existen instalados dentro del Municipio en número de 9650, habiendo líneas telefónicas que comunican eficientemente con Buenos Aires, Santa Fe, Montevideo, Paraná y Córdoba, fuera de muchas otras ciudades y pueblos de menor importancia de las zonas intermedias.

La ciudad del Rosario es alcanzada por dos redes ferroviarias de trocha ancha que tienen un desarrollo de 6174 kilómeros que la comunican con todas las provincias y territorios del norte de la Argentina, y por el sud hasta Bahía Blanca, sin contar con que esas líneas se unen a su vez al resto de los demás ferrocarriles del país, salvo los de la región patagónica cuyas redes aún no han sido completadas.

Con todo ello, podréis formaros una idea, por lo menos aproximada, del formidable progreso que la ciudad ha experimentado desde aquellas lejanas épocas en que se formó el Pago de los Arroyos, calificativo que basta para evocar la silueta de nuestro común e histórico gaucho cabalgando airoso por sobre las verdes y dilatadas pampas, teatro

de sus valentías y donaires, de sus penurias y triunfos, de sus cantares melancólicos pero pletóricos de corazón y sentimiento; pampas que hoy son escenario de trabajo sin descanso, de constante lucha y tesonera actividad económica en procura del bienestar general y del engrandecimiento de la patria.

Es el Rosario, señoras y señores, al que cupo la gloria de ser primer pedestal de la enseña nacional; la bandera de la patria que antaño izara Belgrano en su noble afán de comenzar a distinguir nuestra naciente nacionalidad; la bandera de la patria que hoy sigue flameando en el lugar de su nacimiento al tope de innúmeros edificios, cubriendo el trabajo en la paz como tutelando el precioso tesoro de las riquezas de la ciudad, fruto santo de la labor de sus moradores y multiplicada en consonancia con el poderío económico conseguido a su sombra; la bandera de la patria, cuyo colores y sol nos es tan grato a los argentinos ver fraternalmente reproducidos en la vuestra, como indicadores coincidentes de un mismo desarrollo a seguir, de una misma finalidad a perseguir, como constante toque de llamada para que nunca olvidemos que esos colores y astro de nuestras enseñas, fueron inspirados a un prócer, por el cielo que cubre las aguas del anchuroso Plata; esas aguas cuyo vaivén de una a otra orilla, es sugeridor incansable y perenne de todos los intercambios entre nuestras dos nacionalidades.

Lecciones de Física Farmacéutica

POR EL

Farmacéutico MATIAS GONZÁLEZ
Profesor de la Facultad de Medicina de Montevideo

Reseña de Física Atómico - Molecular

Materia es todo lo que impresiona a nuestros sentidos y presenta dos caracteres esenciales:

Extensión propiedad de los cuerpos materiales por la cual tienden a ocupar un volumen definido en el espacio.

Inercia o sea otra propiedad de los cuerpos materiales por la cual oponen resistencia al desplazamiento de su masa.

Extensión. La concepción de la extensión es fácil en los sólidos y en los líquidos y es, a primera vista, difícil en los gases; pero si nos detenemos a pensar en que éstos son comprensibles, liquidables y solidificables, bien pronto se desvanece la creencia anterior.

Gay Lussac a principios del Siglo XIX estableció las leyes de combinación de gases y vapores cuando volúmenes dados de unos y otros se mezclan para originar un volumen definido, cuando es inferior a la suma de los componentes.

Esa consideración y otras llevaron a establecer que la materia no es compacta, vale decir, que hay espacios en ella; que estaría constituída por granos dejando espacios libres entre ellos.

En los sólidos estos granos tienen una posición fija entre sí mismos.

En los líquidos, estos granos, se deslizan los unos sobre los otros.

En los gases parece que estos granos se repelen los unos a los otros.

Las distancias de esos granos varían con las condiciones físicas: presión y temperatura.

Los granos de un cuerpo se pueden combinar con los granos de otro cuerpo... y según sus distancias podrá resultar un cuerpo de volumen diferente.

La impenetrabilidad de la materia líquida ligada a la idea de extensión quedaría destruída ante la concepción granular de los cuerpos.

Esta noción de constitución granular de la materia ya fué emitida en la antigüedad. Los Vedas, libros sagrados de los Hindúes, traen teorías sobre los elementos: aire, fuego, agua, éter, espacio; la filosofía de Myaya expone la teoría ondulatoria del sonido atribuyéndole a los átomos. La escuela materialista de Abdere y Leucippe concebían ya a los átomos como lo hizo Descartes al trazar su doctrina de sus remolinos.

La idea de la granulación en los líquidos no ofrece mayor obstáculo para su comprensión pero para los sólidos es necesario crear un nuevo postulado como es el de suponer que estos granos están ligados entre sí por pequeñas fuerzas.

Al suponer a estas partículas al estado de equilibrio dinámico rígido hemos de tener en cuenta que ese estado de cosas que atribuímos al conjunto hemos también de atribuirle al grano, es decir, que éste ha de tener inercia y extensión.

Llámanse estos granos: átomos, iones, electrones, etc.

Masa. La idea de masa a la inversa de la idea de extensión responde a una realidad objetiva matemáticamente definida.

Es más fácil hablar de la masa aun cuando se presente cierta dificultad para su definición.

Cuando decimos que un volumen dado de un cuerpo no pesa lo mismo al nivel del mar que en una altura cual de las montañas, tenemos que separar la idea de peso, que es una fuerza, de la idea de masa que no lo es.

Un litro de agua en la superficie del nivel del mar pesa más que en la cumbre del Cerro.

Si suspendemos un cuerpo de cierta magnitud a un hilo largo soportado por un pequeño trineo cuyas ruedas suponemos sin roce y que se deslicen por un plano horizontal y si quisiéramos desplazar al cuerpo, sería necesario practicar un esfuerzo o sea vencer su inercia y el esfuerzo sería tanto mayor cuanto mayor fuera la magnitud del cuerpo. Si al mismo cuerpo de cierta magnitud le dejamos caer en el espacio con cierta velocidad, haciendo abstracción del roce, este cuerpo seguirá su marcha hasta que le opongamos una fuerza contraria que será tanto mayor cuanto mayor sea la magnitud del cuerpo.

Si al mismo cuerpo de cierta magnitud le animamos de una gran velocidad como la de las balas, cuando choque contra un obstáculo producirá un efecto tanto mayor cuanto mayor sea su magnitud.

La designación magnitud con relación al cuerpo es un tanto ambigua y a poco que nos detuviéramos a pensar para llegar a una expresión precisa concebiríamos la noción de peso y diríamos que el efecto sería tanto mayor cuanto mayor fuera el peso, lo que implicaría un error.

En efecto: si el peso del cuerpo de cierta magnitud fuera igual a diez kilogramos al nivel del mar y si le supusiéramos transportado a una distancia del centro de la tierra 10 veces mayor, sólo llegaría a pesar 100 gramos.

Designar por peso a aquella ''cierta magnitud'' sería caer en error puesto que tanto la ''cierta magnitud'' como el esfuerzo de desplazamiento y como el trabajo producido a la detención son una función del factor que definimos pero que depende de otras variables, en una palabra ese factor es la *masa*.

Cuando queremos concebir la idea de masa nos la representamos cual si fuera la materia en sí misma un bloc de mármol, un trozo de hierro, etc.

Si quisiéramos avaluar la cantidad de masa tendríamos que recurrir al esfuerzo que necesitamos para desalojarla o para detenerla o avaluando la fuerza con que es atraída hacia el centro de la tierra a una distancia dada de este centro, lo que constituye el *peso*.

Así la masa se avalúa por una fuerza y así la unidad de masa y la unidad de fuerza tienen la misma designación: el *gramo - masa* es la masa de un centímetro cúbico de agua en determinadas condiciones físicas y el *gramo-fuerza* o gramo vulgar es la fuerza con la cual el centímetro cúbico de agua es atraído hacia el centro de la tierra en ciertas condiciones de latitud y altura o lo que es lo mismo, el gramo-fuerza es el peso del gramo-masa en esas condiciones determinadas.

La costumbre del manejo de la balanza nos lleva al concepto erróneo de confundir pesos con masas.

Hemos de tener presente que el peso es una manifestación de la gravedad y es para cada objeto material una función de la masa.

El peso mide una propiedad de la masa.

La idea de masa está definida por la ley de las aceleraciones:

$$\frac{F}{y} = \frac{F'}{y'} = \ldots$$

La idea de masa material es irreductible así: por ejemplo si dividimos una cantidad de cuerpo, sea 100 gramos en 10 partes iguales, cada una de las partes pesa 10 gramos y si nos fuese posible llegar a la molécula o al átomo o al electrón, igual cosa ocurriría.

Ese criterio no es absoluto porque en la actualidad se supone que cuando un cuerpo posee una carga eléctrica, se comporta como si tuviera dos masas, una masa mecánica como la definida antes y una masa electromagnética que le comunica una inercia de naturaleza eléctrica variable con su velocidad.

Cuando se estudian los electrones de los rayos B del radium, se constata que la parte de la masa que varía con la velocidad, existe sola y que la masa mecánica es nula.

Así el electrón, el último grano de la materia, parece que no tendría más masa que la masa electromagnética referida al éter, lo que sería una masa imponderable.

Molécula. Atomo. — En química se distinguen dos especies de cuerpos: los simples, cual el oxígeno, el nitrógeno, el hidrógeno, etc., y los compuestos: el agua, cloruro de sodio, etc., que son aglomeraciones de moléculas.

Sometido un cuerpo a las acciones físicas de transformación, sin alterar su naturaleza química, como cuando se la calienta o cuando se le hace pasar por los estados sólido, líquido o gaseoso, cuando se lamina o cuando se comprime, lo mismo que cuando se le pulveriza o disuelve, cada una de las moléculas queda intacta o íntegra y quedando, por lo tanto, el cuerpo químicamente definido, siendo el mismo.

Si la molécula se disloca, si sus fragmentos se reagregan de un modo diferente, el cuerpo deja de ser el mismo, así el oxígeno se transforma en ozono, el ácido carbónico, por pérdida de oxígeno se transforma en óxido de carbono. Así que la molécula representa la cantidad más pequeña o unidad de una materia dada de un cuerpo químicamente definido, pero nunca a la unidad de materia.

La molécula es divisible siempre que se cambie la naturaleza química del cuerpo material de la que forma parte. La descomposición electrolítica del agua en el voltámetro, nos da ejemplo de ello, la molécula de agua se disocia en moléculas de hidrógeno y de oxígeno.

Se denominan átomos a los elementos constituyentes de la molécula.

Cada molécula está formada por un número variable de átomos, tanto en los cuerpos simples como en los compuestos.

El átomo constituye la unidad de elemento material que no puede aislarse pero que si, puede desalojarse de sus combinaciones. El oxígeno, cuerpo simple, está constituído por la ligazón de dos átomos que bajo la acción de las descargas eléctricas de alto potencial sufren una separación para unirse, luego inestablemente, en grupos de 3 en 3 de una molécula nueva que es el ozono.

El ácido clorhídrico, cuerpo compuesto, está formado por un átomo de Cl. y un átomo de H. Si disociamos a este ácido, colocando su disolución acuosa en presencia del hierro

un átomo de hierro se soldará a dos átomos de cloro para construir una nueva molécula $FeCl^2$ según la ecuación:

$$Fe + 2\,HCl = Fe\,Cl^2 + H^2$$

mientras que los dos átomos de hidrógeno, libres, se sueldan para dar la melécula de gas H^2.

Representación granular de la materia. — Buscando de representar esquemáticamente a la constitución granular de la materia, podríamos imaginarnos para el caso del agua por ejemplo, como si estuviera constituída por un aglomerado de moléculas análogas:

$$O<^{H}_{H}$$

donde un átomo de O está unido a dos átomos de H.

Las operaciones químicas quedarían así reducidas a retirar tal o cual átomo y sustituirlo por tal o cual otro como las piedras de un edificio.

Así si del agua retiramos un átomo de H y le reemplazamos por un átomo de sodio Na llegamos a una molécula de hidrato de soda.

$$O<^{Na}_{H}$$

Si consideramos al cloroformo

```
     Cl
     |
H—C—Cl
     |
     Cl
```

reemplazando a sus tres átomos de Cl por 3 de I, tenemos el iodoformo:

```
    I
    |
H—C—I
    |
    I
```

Por lo que se ve, el químico puede imaginar una serie de compuestos tal cual si tuviera ante sí un juego de construcción.

En química orgánica, la molécula de los cuerpos es compleja, llegando los átomos a agruparse alrededor de un núcleo y soldándose grupos de átomos a otros grupos de una manera sistemática de modo que el químico puede llegar hasta suponer cuerpos que no han podido ser aislados.

Esa estructura atómica de la materia se ha impuesto como hipótesis necesaria para explicar los hechos conocidos aunque no se haya llegado a demostrar.

Cuerpos simples y cuerpos compuestos. — Para nosotros la idea de cuerpos simples o no disociables o cuerpos compuestos o disociables, resulta tan elemental cual la noción de los estados de la materia, sólido, líquido, gaseoso, pero en la antigüedad las teorías filosóficas reinantes suponían a las cosas de otra manera.

Thales de Mileto creía en un principio simple del cual derivaban todos los demás cuerpos. Este principio original era el agua.

Heráclito de Efeso (500 años antes de J. C.) sustentó la teoría de los cuatro elementos. Todos los cuerpos serían el resultado de las combinaciones del fuego, del agua, del aire y de la tierra.

Esos mismos cuatro elementos derivarían de un elemento, principio supremo, el fuego etéreo, que sería el alma del mundo y la razón de los fenómenos y de las leyes de la Naturaleza. La teoría de Heráclito fué apoyada por Empedocles de Sicilia logrando tanta difusión que sus dogmas alcanzaron hasta fines del siglo XVIII.

De manera que 2000 años después de Heráclito, Empédocles, Aristóteles y la Escuela Helénica; Baumé, el autor del areómetro, miembro de la Academia de Ciencias de París y adversario de Lavoisier en sus ideas sobre la combustión, desmentía las doctrinas de Paracelso, y de los alquimistas de la Edad Media para proclamar las doctrinas filosóficas de los Griegos.

Era en 1794 cuando Lavoisier estaba empeñado en distin-

guir los cuerpos simples de los cuerpos compuestos revolucionando las ideas de la ciencia cuando fué guillotinado.

Cien años después, Hittorff. Maxvell, Hertz, Becquerel, Curie, orientan a la Ciencia de una manera nueva al estudiar el electrotenismo.

Al presente se conocen 80 cuerpos simples que no han podido ser disociados por ninguna acción química o física.

Al unir varios cuerpos simples, no siempre se combinan, a veces se unen simplemente, pero cuando se combinan siguen ciertas leyes de proporciones definidas, que son sus "equivalentes" o "números proporcionales" que conducen a las nociones de pesos atómicos y de pesos moleculares.

Ley de Proust. — Algunas consideraciones nos llevarían a la ley de las "proporciones definidas" establecida por Proust en los primeros años del siglo XIX.

Ley de Daltón. — Y considerando que ciertos cuerpos simples son capaces al combinarse de formar varios compuestos diferentes, llegaríamos a la ley establecida por Daltón en la misma época.

Richter. — Algunos años antes, Richter estableció la noción de los equivalentes químicos, llegando a establecer una serie de masas de bases capaces de saturar a una misma masa de cada uno de los ácidos conocidos.

La descubierta de los cuerpos simples y el planteo de los equivalentes químicos señala una era en la ciencia química y fué seguida por la hipótesis atómica de Daltón que, modificada en sus detalles, está de acuerdo con la concepción actual de la materia.

De aquí en adelante el esfuerzo de físicos y químicos fué tendiendo a sustituir la noción de "equivalentes" por la de "pesos atómicos" y "pesos moleculares" nociones de peso sacadas de medidas experimentales que nada nos dicen sobre la naturaleza del átomo y de la molécula.

Los trabajos de Gay de Lussac, Avogadro y Ampére nos llevan a conocer algunas propiedades de la molécula o mejor dicho del agrupamiento de las moléculas compuestas al entrar en las combinaciones.

Una serie de descubrimientos de química orgánica nos

hace conocer la arquitectura atómica de las moléculas complejas.

Raoult estudiando el descenso del punto de congelación del agua, llega a establecer que es una función del número de moléculas disueltas en la unidad de volumen; cuestión que queda confirmada por las variaciones del punto de ebullición de los líquidos adicionados de cuerpos solubles.

Nuevas investigaciones llegan a la comprobación del atomismo como el estudio de la tensión superficial, de la ósmosis, de la presión osmótica, del calor específico, de la electrolisis, etc.

Trabajos de Gay Lussac, Avogadro y Ampére. — Gay Lussac estableció que cuando dos gases o dos vapores se combinan, lo hacen según relaciones volumétricas simples. Avogadro constató que las densidades de vapor clasificadas en series, ofrecen paralelismo con los equivalentes químicos. Hoy, que se conocen los pesos atómicos y los pesos moleculares puede expresarse: que las densidades de vapor son proporcionales a los pesos moleculares, o lo que es igual aunque generalizando, que todos los gases y vapores colocados en las mismas condiciones de presión y temperatura, se presentan como si encerraran el mismo número de moléculas.

Ampére, estudiando la transparencia para la luz y la dilatación de los gases, llegó a la conclusión "que en los gases y vapores las moléculas están colocadas en relación las unas con las otras a una distancia tan considerable como para que las fuerzas de afinidad, variables según su naturaleza química propia, no tengan prácticamente influencia alguna.

Es decir, que las partículas gaseosas tienen leyes de equilibrio comunes a todas ellas, dependiendo únicamente de las condiciones físicas de presión y temperatura y por lo tanto son equidistantes a temperatura y presión iguales cualquiera que sea la naturaleza del gas considerado.

Volumen, composición química, gaseosos. — Gay Lussac también observó que cuando dos gases o vapores se combinan el volumen del compuesto guarda una relación simple con la suma de los volúmenes de los componentes cuando

la temperatura y presión son las mismas y llegó a establecer que los pesos moleculares de los cuerpos simples son múltiplos de los pesos atómicos.

Se llega entonces a la poliatomicidad de la molécula de los cuerpos simples.

El agrupamiento de los átomos de los cuerpos simples no parece inmutable; variarían con la temperatura. El cálculo establece que la molécula de azufre según la temperatura puede encerrar de 2 a 8 átomos, el yodo de 1 a 2 el arsénico de 2 a 4, el oxígeno de biatónico se puede transformar de en ozono que es triatómico.

La alotropía de los cuerpos simples, en general, no sería otra cosa que un cambio de agrupamiento atómico.

El pasaje de un cuerpo de un estado alotrópico a otro estado alotrópico se acompaña de una absorción o de un desprendimiento de calor, como en las combinaciones químicas, cosa que confirmaría la hipótesis enunciada.

Ley de Raoult. — La ley de Raoult nos lleva al conocimiento de la estructura molecular de la materia.

La ley de Raoult podría enunciarse así: si consideramos a dos cuerpos cuya densidad de vapor es d y d' y si disolvemos una cantidad q del primero en una cantidad q' del segundo, el descenso del punto de congelación es el mismo cualquiera que sea el disolvente cuando $\frac{q}{q}$ está ligada a $\frac{d}{d}$ por la misma relación.

Relacionando a este enunciado con la razón de que las densidades de vapor son proporcionales a los pesos moleculares podremos llegar a que disolviendo en 1800 gramos de agua, 46 gramos de alcohol, 80 gramos de glucosa o sesenta gramos de urea, etc., o sea que si tomamos 100 veces el peso molecular de un disolvente cualquiera expresado en gramos y hacemos disolver en él el peso molecular de un soluble cualquiera expresado en gramos el descenso del punto de congelación será el mismo y $\frac{9}{9'}$ es el centésimo de $\frac{d}{d'}$; 46 gramos de alcohol lo mismo que 80 gramos de glucosa y 60 gramos de urea es una cantidad de materia que para cada cuerpo es un mismo múltiplo del peso molecular absoluto.

Es decir que hemos tomado cantidades de cada cuerpo que encierran el mismo número de moléculas: la molécula de agua pesa tanto como 18 átomos de H, la del alcohol tanto como 46 de H, la de glucosa 80, etc., o sean moléculas-gramos.

Considerando así la ley de Raoult puede enunciarse diciendo que una molécula de un soluble cualquiera al disolverse en 100 moléculas de un disolvente cualquiera retarda el mismo número de grados térmicos al pasaje del estado líquido al estado sólido del disolvente.

La presión osmótica y la tensión de vapor confirman esta ley.

Si en vez de haber elegido para la experiencia cuerpos tales como la glucosa y el alcohol que son malos conductores de la electricidad, hubiéramos elegido cuerpos buenos conductores tales cuales SO^4H^2, NA OH, SO^4 NA^2 NACl, etc. nos encontraríamos que al parecer no obedecen a la ley de Raoult y su descenso del punto de congelación, su tensión o depresión de vapor y su presión o tensión osmótica nos revelan una existencia mayor de moléculas que las que la teoría prevé.

Esta, al parecer excepción, no es tal y tiene su explicación en los fenómenos electrolíticos ya señalados por Grothus con su hipótesis emitida en 1805 en la que establece que las moléculas de los cuerpos disueltos se disocian bajo la acción de la corriente eléctrica en dos partes y que cada una de ellas sirve de vehículo a las cargas eléctricas.

Clausius en 1845 objetó que la disociación electrolítica no podía ser debida a la corriente eléctrica desde que con corrientes de tensión débil se llegaba al fenómeno. Si la disociación fuera debida solamente a la corriente se requería un consumo grande de energía.

Supuso, entonces, que la disociación molecular era producida fuera de la corriente eléctrica.

Arrhénius amparándose en las teorías de Claussius formuló la teoría de los iones electrolíticos, llegando a la concepción que por disolución las moléculas se dislocaban en sub-moléculas, unas de carga positiva y otras de carga negati-

va o sean iones positivos o aniones y iones negativos o cationes sobre los cuales la corriente no llevaría otro fin que el de orientación.

A medida que los iones entran al estado de combinación estable en los electrodos pierden su carácter de iones, es decir, pierden su carga y actúan como elementos químicos.

Los iones formados pueden encerrar un número variable de átomos como los iones ácidos de los sulfatos, nitratos, etc., que son iones *poliatómicos*. SO^4, AZO^3.

Con la teoría de Arrhénius se establece una concordancia entre las leyes de la electrolisis, la criocopía y la tonometría.

La existencia de cargas eléctricas independientes en las soluciones tiene una demostración en la llamada pila de concentración cuyo fundamento es la difusión.

Si colocamos en un vaso una solución de sulfato de cobre sobre una capa de agua a la temperatura ambiente, la difusión se operará pero con velocidades desiguales para los dos grupos de iones constituyentes de la molécula $CuSo^4$.

El agrupamiento electronegativo tiene mayor difusión. Es decir, que la disolución de sulfato de cobre pierde más pronto sus cargas negativas que sus cargas positivas.

Si colocamos un electrodo de cobre en la disolución y otro en el agua y los ligamos a un galvanómetro constataremos el pasaje de una corriente. La interpretación de este hecho no tendría explicación si no admitiéramos la teoría de Arrhénius.

Un caso práctico y de simple demostración lo tendríamos en el SO^4H^2 que al estado puro puede ser conservado en vasijas de hierro sin que éste sea atacado, cosa que no ocurre con el ácido diluído porque al extenderse en el agua se disocia, dejando a sus iones ácidos libres.

Una confirmación de la realidad de las moléculas y de los átomos nos sería dado recordando que en los iones electrolíticos podemos llegar a conocer sus masas y por lo tanto sus pesos.

Ley de Berthelot. — Esta ley se refiere a la pérdida de calor durante las reacciones químicas y dice que cuando

varios cuerpos se encuentran en presencia y haya entre ellos varias combinaciones posibles se producirá aquella que tienda a desprender más calor.

Es decir que cuando un fenómeno se cumple en un sistema material cualquiera para transformarse en otro fenómeno material, la cantidad de materia y la cantidad de energía perdida en el primero se encuentra totalmente en el segundo. Si hubiera una cantidad mayor de energía o de materia sería tomada al medio exterior.

Al presente se llega a entrever la posibilidad de llegar a un equivalente energético de la materia.

El calor es la más importante de las energías que puede ceder o sustraer el medio ambiente.

Todas las formas de energía son transformables en calor, toda manifestación energética tiene su equivalente térmico y la unidad de cantidad de calor es una medida común a todas estas modalidades.

De la ley de Berthelot se desprende el principio del trabajo máximo porque, por reversibilidad, si la energía puede ser medida en unidades de calor, el calor desprendido tiene su equivalente energético que puede ser medido en unidades de trabajo.

Fuerzas intermoleculares. — Así como los átomos están ligados entre sí, las moléculas a su vez presentan sus ligazones que parecen ejercer fuerzas atractivas y fuerzas repulsivas en grados distintos según el estado físico de la materia, sólido, líquido o gaseoso.

Toda unidad material tangible no es más que un agregado de moléculas, por ejemplo: los cristales inorgánicos, las células orgánicas, etc.

Las fuerzas atractivas dominan en los sólidos y las fuerzas repulsivas dominan en los gases subsistiendo ambas en un mismo cuerpo. Este hecho parecería que no tuviera explicación dado que las fuerzas atractivas siguen la ley del cuadrado de las distancias y que no sería posible concebir dos fuerzas con el mismo origen.

La teoría cinética nos lleva a la explicación de esta apariencia de fuerzas repulsivas interatómicas del mismo mo-

do que se explica la aparente repulsión de los astros atribuyéndola a un efecto del movimiento ligado a la inercia de la materia, la fuerza centrífuga.

Estado físico de los cuerpos. — Los cuerpos, ya lo dijimos, en su mayor parte se presentan bajo tres estados, sólido, líquido, gaseoso.

El estado sólido está caracterizado por la cohesión, fuerza que se opone no solamente a la ruptura sino que también a su deformación o sea al deslizamiento o desplazamiento de unas partículas sobre las otras. Los líquidos que en igualdad de condiciones de temperatura y presión presentan el mismo volumen. Volumen constante que nos indicaría que las distancias intermoleculares no variarían y que tendrían ligazones intermoleculares que les crean posiciones de equilibrio estable.

Estas ligazones entre las partículas de los líquidos son de menor valor que en las de los sólidos como lo probaría la tensión superficial y la capilaridad.

Los gases, se difunden, tienden a ocupar todo el espacio que se les ofrezca, parecería que en ellos las fuerzas de atracción hubieran desaparecido y hasta se llegaría a suponer la existencia de fuerzas repulsivas que serían la causante de la presión contra las vasijas continentes o la contrapresión que hay que vencer cuando se les comprime. Para llegar a una explicación de estas fuerzas intermoleculares, es necesario estudiar sus fases y sus variantes cuando sus condiciones físicas varían como acontece con las acciones del calor

Un cuerpo sólido, sometido a la acción del calor, pasa por las fases siguientes:

1.º Sus partículas se separan, el sólido aumenta de volumen absorbiendo calórico, luego se licúa y mientras dura el cambio de estado, su temperatura queda constante y si le seguimos calentando va absorbiendo más calor hasta que la tensión de sus vapores iguala la presión exterior prorrumpiendo en ebullición y quedando su temperatura constante y finalmente se transforma en vapor.

Para explicar esta serie de fases recurrieron los antiguos a suponer que el calórico era un flúido que podía subsistir bajo dos estados, el latente y el sensible.

El calor latente sería el calórico almacenado en el cuerpo y el calor sensible el acusado por el termómetro.

Rumkford y Davy sustentaban la teoría de que el calor es el equivalente de una fuerza. El calor se considera como la manifestación de la fuerza viva de las partículas de materia en vibración, el reposo térmico de la partícula material sólo existiría a la temperatura del cero absoluto.

Antes de llegar al estudio de las acciones del calor sobre las ligazones moleculares, haremos algunas consideraciones sobre el calor específico y capacidad calorífica.

Calor específico. — Para apreciar la intensidad calorífica de un cuerpo, nos valemos de la sensación tactil o del termómetro que nos expresa en grados esa intensidad sin importarnos sea cual sea la masa del cuerpo. Lo mismo puede ser un kilogramo que 10 o 100 kilogramos.

Pero si se tratara de elevar una cantidad dada de temperatura, entonces, nos daremos cuenta que, cuanto mayor sea la masa del cuerpo, mayor será la cantidad de energía necesaria para llegar a tal fin y tendremos la noción de *cantidad de calor.*

La unidad de cantidad de calor es la *caloría* que se define diciendo que es la cantidad necesaria para elevar de 0° a 1° la temperatura de un kilogramo de agua.

Joule, Hirn y Micaulescu han establecido que la caloría corresponde a un trabajo mecánico de 425 kilogrametros o sea que la cantidad de energía es igual a la necesaria para elevar 425 kilogramos a un metro de altura. Lippmann, teniendo en cuenta que la energía térmica y la energía mecánica se pueden transformar integralmente la una en la otra, propuso una unidad de calor deducida de la unidad C G S de trabajo mecánico.

Esa unidad es el *erg.*

Así la unidad de cantidad de calor sería la cantidad de calor capaz de producir un *erg* o lo que es igual, la cantidad de calor desarrollada por un *erg* y que se llama *termia.*

De manera que la cantidad de calor se mide como a una cantidad de trabajo o como a una cantidad de energía.

Calor específico. — El calor específico de un cuerpo es la

cantidad de calor necesaria para elevar de un grado la temperatura de la unidad de masa del cuerpo al estado considerado

El calor específico es una constante física, molecular, o atómica, que varía ligeramente para un mismo cuerpo según sea el estado que se considere. Regnault observó que para elevar un kilogramo de hielo de—10° a — 9° necesita 0 cal, 504; que para elevar un kilogramo de agua líquida de 0° a 1° necesita una caloría y que para elevar un kilogramo de vapor de agua de 110° a 111° dejándolo dilatar libremente para evitar los efectos de la sobrepresión, necesita 0 cal, 475.

Ahora bien, para pasar un kilogramo de hielo a 0° a agua líquida a 0° necesitamos 80 calorías aproximadamente, es decir, tanto como para elevar ese kilogramo de agua de 0° a 80°.

Para pasar 1 kilogramo de agua a 100° al estado de vapor a 100° se precisan 537 calorías e inversamente 1 kilogramo de vapor a 100 ° al liquidarse desprende 537 calorías.

A estas cantidades de calor fijadas por la materia sin elevación térmica se le llama calor latente, calor que es más elevado, en general, para el estado líquido que para los estados sólido o gaseoso y que aumenta ligeramente con la temperatura absoluta en los sólidos y en los líquidos y es constante para los gases a cualquier temperatura cuando la presión es constante.

Haciendo abstracción del calor latente, podemos dejar sentado que cada átomo o cada molécula para variar de estado térmico necesita ganar o perder cierta cantidad de calor y que esta cantidad es la misma para una misma elevación de temperatura y para un mismo estado físico.

Se da el nombre de "capacidad calorífica" de una masa de materia al producto de su calor específico por el número de unidades de masa que encierra.

En masas de cuerpos distintos pero que encierren el mismo número de moléculas, las capacidades caloríficas de estas masas son proporcionales a las capacidades caloríficas absolutas de cada molécula.

Se define a la "capacidad calorífica molecular" como el

producto del calor específico de un cuerpo simple por su peso molecular del mismo modo que se define la "capacidad calorífica atómica" como el producto del calor específico de un cuerpo simple por su peso atómico.

Delaroche y Berard enuncian una ley que luego fué confirmada experimentalmente por Regnault, relativa a los gases perfectos o sea a aquellos que siguen la ley de Mariotte: volúmenes iguales de cualquier gas tienen aproximadamente igual capacidad calorífica.

Si tenemos presente la ley de Avogadro que establece que el peso de un litro de gas es proporcional a su peso molecular, podremos establecer que la molécula - gramo de gas tiene la misma capacidad calorífica.

Los gases o vapores compuestos, según Regnault no siguen esa ley.

En los sólidos y en los líquidos el calor específico varía con la temperatura en términos pequeños.

En los sólidos varía, también, según su estado molecular.

Dulong y Petit tan establecido una ley aproximada de los calores específicos que dice: "los calores específicos de los cuerpos simples son inversamente proporcionales a sus pesos atómicos", es decir que el producto del calor específico por el peso atómico es igual a una constante para los cuerpos sólidos o lo que es igual que el átomo - gramo de todos los cuerpos simples tiene la misma capacidad calorífica.

Para los cuerpos simples, siguiendo la teoría atómica, la capacidad calorífica es la misma para todos los átomos cualquiera que sea su agrupamiento molecular, mono - atómico como en la molécula del cadmio o del zinc o bi - atómico como en el boro o en el hierro o cuadri - atómico como en el estaño y en el arsénico.

Neumann y Regnault estudiaron a los cuerpos compuestos agrupándolos según su función química; óxidos, cloruros sulfuros, de base distinta encontrando que los calores específicos son proporcionales a los pesos moleculares, es decir que la molécula - gramo de los cuerpos de cada categoría tiene la misma capacidad calorífica.

Woestyn llega a establecer que la capacidad calorífica de la

molécula de un cuerpo compuesto es igual a la suma de las capacidades caloríficas de los átomos componentes y como cada átomo componente tiene la misma capacidad calorífica, la capacidad calorífica de la molécula es proporcional al número de átomos que la componen.

Dulong y Petit han enunciado diciendo que la capacidad calorífica de los átomos de los cuerpos simples es la misma al estado sólido.

Esta ley no es absoluta, presenta sus excepciones y al formularlas debe tenerse en cuenta:

1.° Que la capacidad calorífica de los átomos al estado sólido y al estado líquido aumenta ligeramente con la temperatura y es constante para los gases.

2.° La capacidad calorífica de los átomos varía según se encuentren al estado sólido, líquido o gaseoso y es mayor al estado líquido.

3.° Al estado gaseoso, en razón de la ley de Avogadro, la igualdad de capacidad calorífica de la unidad de volumen de los gases perfectos conduce a sentar que la capacidad calorífica de todas las moléculas cualquiera que sea su composición atómica, es siempre la misma.

Este enunciado no es verdadero para los gases de molécula triatómica como SO^2, H^2O.

4.° El átomo en sus combinaciones y asociaciones parece que conserva en principio su capacidad calorífica, salvo algunas excepciones señaladas por Neumann y Regnault.

De todo esto se desprende que debe existir una relación entre el calor específico y el peso atómico de los cuerpos y que la existencia de ligazones interparticulares en los sólidos y en los líquidos modificables por la temperatura serían la causa de la variación de la capacidad calorífica lo que no sucede con los gases porque carecen de esas ligazones.

La ley de Dulong y Petit no es una ley general y debe enunciarse así: "la capacidad calorífica de los distintos átomos es casi la misma cualquiera que sea su masa".

La ley de Dulong y Petit podría ser explicada por la teoría cinética o sea por la concepción del movimiento de las partículas materiales que son las originarias de la dilatación

térmica, presión gaseosa, tensión osmótica, tensión de vapor, fenómenos eléctricos, radiaciones luminosas, etc.

El calor y la presión pueden actuar juntos sobre las ligazones moleculares. En los gases las acciones de la presión sobre sus ligazones moleculares está regida por la ley de Mariotte y las de la temperatura por la ley de Gay Lussac.

La ley de Mariotte nos dice: "que a una misma temperatura el volumen de una masa de gas es inversamente proporcional a su presión de manera que

$$pv = p'v' = p''v'' = \text{constante}$$

Esta ley no es rigurosamente constante. Regnault ha demostrado que todos los gases son un poco más compresibles que lo que indica la ley de Mariotte, es decir, que cuando se les comprime ocupan un volumen un poco menor que el previsto exceptuando al H cuyo volumen disminuye menos rápidamente que la inversa de la presión.

La separación es tanto mayor cuanto que la presión sea más fuerte y cuando se trata de un gas fácil de liquidar.

Natterer, Cailletet y Amagat llegaron a probar que todos los gases tienden, cuando se pasa de cierta presión, a comportarse como el H.

Amagat demostró que elevando suficientemente la temperatura de los gases en experiencia, todos tienden a comportarse como el H.

El concepto general es que la ley de Mariotte es suficientemente exacta dentro de los límites deseados, y relacionada con la ley de Avogadro lleva a la conclusión de que la aparente fuerza repulsiva molecular de los gases varía en razón inversa del cubo de las distancias moleculares y es independiente de la masa propia de las moléculas como de su estructura y de su naturaleza.

La ley de Gay Lussac es cierta dentro de los mismos límites que la ley de Mariotte.

Así si aumentamos el grado termométrico aumentando la temperatura un número dado de grados, la tensión gaseosa aumenta y este aumento es el mismo para todos los gases.

Si en un vaso cerrado se calienta un gas cualquiera a partir del cero centígrado por cada grado C de elevación térmica su tensión aumenta 1|273 de la tensión inicial y si se quiere volver a la tensión inicial será necesario aumentar a este espacio 1|273 del volumen inicial.

La teoría cimética nos explicará porqué estas leyes no son rigurosas para los estados límites.

Gases mezclados. — Daltón dedujo de las leyes de Mariotte y Avogadro que la presión global de una mezcla de diferentes gases es igual a la suma de las presiones que tendría la masa de cada uno de ellos si esta mezcla ocupara sólo el volumen total asignado a la mezcla.

Berthollet verificó esta ley.

Difusión gaseosa. — Si en un recinto cerrado colocamos dos gases a la presión ordinaria, si la temperatura permanece constante, al cabo de algún tiempo la presión será igual a la presión inicial y esto ocurrirá siempre que los gases no tengan acción química recíproca entre ellos. Es decir que habrá ocurrido la penetración de un gas en el otro, fenómeno que recibe el nombre de difusión.

El hecho de que la presión final sea igual a la presión inicial prueba que es cierta la ley de que la presión final de una mezcla de varios gases es igual a la suma de las presiones que tendría cada uno de ellos si ellos solos llenaran el volumen ocupado por la mezcla. La difusión gaseosa se puede verificar también a través de tabiques porosos, Graham que estudió el fenómeno llega a la conclusión de que la velocidad de difusión es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la densidad.

Cuando hay dos gases a la misma presión y temperatura separados por un tabique poroso se produce, a pesar de la igualdad de presión, un movimiento de las moléculas gaseosas a través del tabique; movimiento que se detiene sólo cuando la tensión de cada uno de los dos gases es igual en los dos espacios; es decir, cuando, sea la misma en los dos espacios y la presión global sea igual. Así cada gas actúa como si estuviera solo.

Los gases de moléculas ligeras se difunden con mayor rápidez que los de moléculas más pesadas.

Si recordamos que el peso molecular de los gases es proporcional a su densidad, la ley de Graham, nos lleva a que la velocidad de difusión es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del peso molecular o lo que es lo mismo, en nuestro caso, el producto mv^2 de la masa de una molécula por el cuadrado de su velocidad de difusión es una constante para todos los gases.

Lippman ha practicado la difusión de un solo gas a través de un tabique poroso o sea la ósmosis gaseosa colocando el gas a una misma presión a cada lado pero a diferentes temperaturas.

La difusión gaseosa tendría varias explicaciones pero se acepta como más cercana a la verdad a aquella que expresa que las moléculas gaseosas libres en un espacio relativamente inmenso en relación con su pequeño volumen se encuentran en un estado de agitación perpetua y se diseminan sin cesar por medio de oscilaciones y choques. La presión gaseosa sería la resultante de los choques moleculares o fuerza repulsiva y su valor estaría en función del producto mv^2 de la masa molecular por el cuadrado de la velocidad. (Refiérese a cada choque).

Este producto sería constante para todas las moléculas a una misma temperatura.

Esta hipótesis, de que el producto mv^2 para cada molécula sea constante para una misma temperatura se hallaría confirmado en el hecho de que la difusión gaseosa a través de las paredes porosas tiene lugar a velocidades relativas que parecen ligadas a la velocidad propia de las moléculas.

Es decir, que una molécula de H difundirá con mayor rapidez que una de CO^2 que es más pesada.

Si las velocidades y v y v' de dos gases pueden ser miradas como funciones de las velocidades propias v y v' de las moléculas de estos gases y si mv^2 es una constante para todos los gases a la misma temperatura, el producto mv^2 será también constante como lo indica la ley de Graham.

Presión sobre sólidos y líquidos. — Los líquidos y los sólidos son comprensibles. Cantón, Oesterdt, Regnault, Cailletet y Amagat han formulado el postulado siguiente: la di-

ferencia de volumen de un líquido cuyo volumen inicial es la unidad es una función de la diferencia de presión y de un coeficiente constante para cada líquido, el coeficiente de comprensibilidad.

Un litro de agua O se reduce a 900 c. c. por una diferencia de presión de 3000 atmósferas. Tomando a esto convencionalmente como unidad, tendremos que para un cambio de presión igual a la unidad la variación media de volumen será O, 1: 3000 = 0,000033 que es el coeficiente de comprensibilidad, o sea la fracción que disminuye la unidad de volumen de un líquido cuando se aumenta la fracción una unidad.

Amagat ha demostrado que la comprensibilidad medida por un coeficiente tal disminuye ligeramente a medida que la presión aumenta y aumenta cuando la temperatura aumenta.

Los sólidos son comprensibles pero esta cualidad no obedece exclusivamente a la presión, el coeficiente del vidrio es 0,0000022.

La comprensibilidad es un caso particular de la elasticidad en la cual hay que considerar a la elasticidad total, a la elasticidad de tracción y a la elasticidad de flexión.

Presión sobre las fases. — A una temperatura y presión dadas existen equilibrios permanentes entre los diversos estados de la materia.

La presión tiene acción sobre estos equilibrios, así de una manera general, el aumento de presión exterior eleva la temperatura de fusión debido al retardo del separamiento molecular como ocurre con la ebullición.

Equilibrio. — Faz líquida y gaseosa. — Cuando se coloca a un cuerpo en un espacio vacío de capacidad variable, bajo las dos fases, líquido y vapor, siempre que el líquido esté en cantidad suficiente, cualquiera que sean las modificaciones que se lleven a la capacidad del espacio cerrado, la tensión de vapor quedará la misma; el menor aumento de tensión por reducción del espacio trae una pequeña liquidación de vapor, la menor disminución de tensión por aumento del espacio trae una pequeña evaporación del líquido.

Si el vapor estuviera colocado en ese espacio pero sin líquido y si todo el cuerpo se encontrara bajo la fase gas, se constataría que doblando la capacidad del vaso de manera que la misma masa de vapor ocupara un espacio doble, se reduciría la presión a poco menos de la mitad; los vapores considerados a una tensión inferior a su tensión de saturación se comportan como gases y siguen la ley de Mariotte.

La presión máxima o tensión gaseosa, tomada por el vapor a saturación, varía para cada cuerpo según la temperatura. A una misma temperatura es diferente según los cuerpor siéndo nula para algunos de ellos como en los ácidos grasos. La tensión máxima no varía proporcionalmente a la elevación térmica, como puede observarse con la tensión de vapor de agua.

a	0°	4.6	mm	en	mercurio
"	50°	92.	"	"	"
"	100°	760.	"	"	"
"	180°	7600.	"	"	"
"	365°	1.520000.	"	"	"

o sea 200 atmósferas.

Arriba de la temperatura de 365° cualquiera que sea la presión no se obtiene más la liquefacción, a esa temperatura se le llama temperatura crítica o temperatura límite.

Todos los vapores y todos los gases tienen una temperatura crítica.

Cuando un gas o vapor se encuentra en un espacio en presencia de otro gas o vapor se difunde como si estuviera sólo.

La tensión de vapor aumenta con la temperatura.

El número de moléculas gaseosas libres se hace cada vez más considerable a medida que el grado térmico aumenta y llega a una temperatura en que no puede ser infinito, donde la fase sólida o líquida que ocupaba el espacio cerrado desaparece o que cualquiera que sea la presión alcanzada en razón de este número elevado no puede liquidarse el gas o vapor. Esta temperatura es la temperatura crítica arriba de

la cual, cualquiera que sea la compresión, no se llegará a las fases líquida o sólida.

La naturaleza de estos fenómenos la explica la teoría cinética, atribuyéndolos a la emisión de partículas gaseosas por un sólido o por un líquido en función del tiempo, de la temperatura y de un coeficiente específico: el número de partículas emitidas en la unidad de tiempo por un cuerpo dado y a una temperatura dada es constante.

A veces es posible elevar o descender la temperatura de un cuerpo sin adicionarle o quitarle calórico, es decir que se produce trasmutación de energía y a esta trasmutación se le llama *adiabática.*

Cero y temperatura absoluta. — Si colocamos en una vasija una masa de H a 0° C y si esta vasija tiene una capacidad tal como para soportar una presión de 100 centímetros de Hg, si la llevamos al grado 100 es decir a la temperatura del agua hirviendo en las condiciones normales, se llegará a una presión de 136 centímetros de 62 de Hg.

La variación de presión del H es 36 cm. 62 de Hg por 100° o sea cm. 3662 por grado.

El grado termométrico quedará definido, entonces, de una manera rigurosa: es el aumento de temperatura que produce un aumento de presión de 0 cm. 3662 cuando la presión inicial es de 100 centímetros.

Si la presión inicial era 10 centímetros, 1 centímetro, el aumento del grado sería 0 cm. 03662, 0 cm. 003662 o en general 1|273 de la presión inicial.

Se concibe que el termómetro de H sería el más racional de todos. El H no se licúa sino más allá de — 200° y las elevaciones térmicas que puede medir son casi ilimitadas porque llegan hasta la fusión de los vasos que le contienen. Cualquiera que sea la presión inicial de la cual se parta a la temperatura del hielo fundente, cada vez, arriba o debajo del 0° C. se tendrá un aumento o disminución de presión 1|273 de esa presión inicial, pudiendo marcar entonces un grado en la escala termométrica.

Si hiciéramos 273 operaciones por debajo del 0° C llegaríamos a una presión nula.

El grado (—) 273 del termómetro de H corresponde, entonces, a la anulación de toda presión y es lo que se llama cero absoluto y a la temperatura, temperatura absoluta.

La teoría cinética explica esto.

Transmisión. — El calor pasa de uno a otro cuerpo por conductibilidad o transmisión de proximidad en proximidad como en los metales, por convección como en los líquidos o por radiación.

En los sólidos para considerar la cantidad de calor se tiene en cuenta la unidad de superficie en una sección paralela a las caras y se vé que esa cantidad de calor está en razón inversa del espesor de la pared y que varía de uno a otro cuerpo según una constante K que se llama coeficiente de conductibilidad calorífica.

La Disolución

Disolución es la distención de un cuerpo soluble en otro que se llama disolvente.

El fenómeno tiene su límite para cada temperatura que es el coeficiente de solubilidad.

En la disolución hay un equilibrio dinámico entre sus moléculas análogo a la afinidad química pero sin que la molécula pierda sus caracteres específicos.

La disolución es un fenómeno físico cercano a los fenómenos químicos como puede observarse cuando se calientan las soluciones y trazando la curva de solubilidad. Se verá que ésta no es regular: puede ascender y descender como puede seguir trechos regulares y esto es debido a que se forman asociaciones atómicas o moleculares especiales y a veces hidratos cuando el disolvente es el agua.

Los cambios en las soluciones no serían explicables sino se concibiera el atomismo de la materia.

Los fenómenos concomitantes a las soluciones son:

1.° — Está acompañada de absorción o de desprendimiento de calor.

2.° — El pasaje del disolvente de la fase líquida a la fase sólida se retarda por la presencia de moléculas disueltas.

3.° — Cuando el equilibrio de las fases líquida y gaseosa se halla perturbada, la tensión de vapor disminuye.

4.° — Las moléculas del cuerpo soluble parecen repelerse las unas a las otras, creando en el seno del disolvente una tensión análoga a la tensión gaseosa en los gases y vapores y es lo que se llama tensión osmótica.

5.° — El estudio de las soluciones demuestra que el descenso del punto de congelación y de la tensión de vapor es como la presión osmótica, adquirida por el soluble, una función del número de moléculas.

El descenso del punto de congelación se rige por las leyes de Raoult y de Blagden.

Vant'Hoff formula la hipótesis que las moléculas disueltas se comportan como las gaseosas cuando se hallan en el vacío así sus acciones serían función de su fuerza viva o sea del producto de su masa por el cuadrado de su velocidad media.

La tensión de vapor se rige por las leyes de Babo y de Wulner.

La ley de Babo dice que la depresión producida por una misma cantidad de soluble en una misma cantidad de disolvente es la misma a cualquier temperatura.

La ley de Wulner dice que la depresión crece proporcionalmente a la concentración de la solución.

Esta segunda ley es relativa a un cuerpo disuelto en un disolvente dado, pero si la referimos a pesos moleculares la ley llega a un carácter tan general en tonometría como la ley de Blagden en crioscopía.

Así podría enunciarse que cuando se disuelve una molécula-gramo de un soluble cualquiera en 100 moléculas gramos de un disolvente cualquiera la depresión es la misma para todos los cuerpos.

Raoult fué quien generalizó a esta ley uniendo así la crioscopía a la tonometría.

La tensión de vapor disminuye con la concentración de donde resulta que el punto de ebullición se eleva siendo, entonces, la ebullioscopía un caso particular de la tonometría.

Las leyes anteriores son relativas a las soluciones en las cuales no existan: ácido, base o sal.

Cuando se trata de alguna de éstas se constata como en la crioscopía, que el número real de moléculas disueltas es superior al número previsto en la consideración de los pesos moleculares, ésto nos conduce a una segunda verificación de la teoría de Arrhénius sobre la disociación de las moléculas en iones.

Presión osmótica. — Bajo el nombre de ósmosis se denomina al fenómeno físico observado por Dutrochet y designado exósmosis y endósmosis.

La ósmosis es un caso particular de la difusión.

Si colocamos agua pura sobre la superficie de una agua azucarada contenida en una vasija se establecerán corrientes hasta que la difusión sea completa; acá, ocurre como en los gases, las moléculas tienden a separarse, pero como el medio de evolución es un líquido, los límites de este líquido están constituídos por el límite del espacio cerrado que le hemos asignado. Este cambio crea en el seno del líquido y hasta su superficie libre una presión análoga a la presión gaseosa que se llama presión osmótica.

Cuando separamos por medio de un tabique o membrana porosa a una solución de agua azucarada del agua pura se manifiesta una corriente o difusión de ésta hacia aquélla y las moléculas de azúcar la atraviesan.

Estudiando las membranas de la naturaleza, se llegó a construir una serie de membranas llamadas hemipermeables porque dejan pasar tan sólo al agua y no a las moléculas salinas y con ellas se ha conseguido estudiar más profundamente el fenómeno de la ósmosis.

Las membranas artificiales que se emplean difieren entre sí, por su porosidad o por la magnitud de sus poros.

Se entiende por poros los espacios vacíos de la propia substancia, porosidad arquitectural, como en la piedra pomez, grés, etc., y que no son confundibles con los espacios de la materia granular que constituyen la porosidad molecular.

La difusión de los líquidos separados por un tabique no

difiere de la difusión de los líquidos juxtapuestos sino porque en aquellos se verifica primero un fenómeno de imbibición.

Ese hecho tiene una importancia suma para explicar que la ósmosis es una difusión. En los vegetales hay un factor que juega un rol considerable y que es una especie de hidratación mecánica cuya esencia no es perfectamente conocida y que Nageli quiere explicar con su teoría micelar.

Nagelli en 1872, emitió la teoría siguiente: La materia organizada está formada de agregados moleculares, agrupamientos autónomos, que son a la molécula lo que ésta es al átomo y a las que se les llama micelas.

Las micelas además de atraerse las unas a las otras gozarían de la propiedad de atraer al agua.

Los cuerpos orgánicos secos tendrían sus micelas apretadas las unas contra las otras sin agua interpuesta.

La imbibición, haría que el agua penetre entre las micelas y que éstas atrajeran al agua.

Todas las sustancias orgánicas estarían compuestas de micelas, el protoplasma, las células serían agregados unicelares.

Alrededor de cada micela habría una atmósfera acuosa llamada "agua de adhesión".

La materia orgánica en su arquitectura general deja entre sus partes constituyentes espacios capilares o poros que son ocupados por agua y que se denomina "agua de capilaridad"

Cuando estudiamos la ósmosis a través de las membranas orgánicas lo que, en realidad, practicamos es colocar una membrana cargada de agua de adhesión y el de agua de capilaridad en contacto con dos líquidos distintos uno en cada cara.

Los fenómenos de difusión se producen, por ejemplo, entre el agua pura y el agua azucarada. El azúcar en presencia del agua de capilaridad y de adhesión tiende a introducirse en la membrana provocando al mismo tiempo una atracción de líquido debido a la presión osmótica de la solución y la presión resultante tenderá a separar las moléculas lo que trae una atracción del agua pura del otro compartimento.

Cuando se tienen en el endosmómetro agua en un tabique y alcohol en el otro, como éste es soluble se producirá un cambio entre el agua de capilaridad y adhesión por una parte y por otra parte el alcohol. Según que el agua se difunda más pronto en el alcohol que el alcohol en el agua, el fenómeno se traducirá por una corriente osmótica en uno o en otro sentido teniendo en cuenta el hecho que la afinidad de las moléculas y de las micelas de la membrana para el agua se opone a la sustitución de las moléculas de alcohol, cosa que limita el pasaje del alcohol o de otro líquido que no sea el agua.

Así tenemos expresado el valor del rol de la membrana.

Con una membrana de poros finos y con afinidad casi exclusiva para el agua podremos detener la marcha de moléculas de otra naturaleza porque el tabique no permitirá más que la realización del fenómeno endosmótico estudiado por Dutrochet.

En las membranas hemipermeables para el estudio de la ósmosis se da preferencia a la ideada por Traube (ferrocianuro de cobre y vaso de pila).

Esta membrana es muy parecida a las membranas naturales, contiene agua de adhesión como las micelas de Naegelli y Pfeiffer extendiendo la teoría de Naegelli a la materia inerte admite que compartimentos como el ferrocianuro de cobre son el asiento de grupos celulares especiales a los que llama *tagmas.*

Las tagmas son análogas a las micelas y tienen gran afinidad por el agua, de ahí el aumento de diámetro (hinchamiento) de unas y otras y su rol particular en la ósmosis.

Se supone que los agregados celulares de estas membranas han de ser poliédricos porque presentan la doble refracción.

Las tagmas como las micelas contienen espacios capilares con agua de capilaridad.

Colocando en un vaso de éstos agua azucarada e inmergida en el agua, el procedimiento osmótico se puede efectuar de dos maneras, por desplazamiento del agua de capilaridad, ósmosis capilar por vía anfitagmática o por desplazamiento del agua de adhesión, ósmosis molecular por vía diatagmática.

En las membranas hemipermeables es probable que la ósmosis se verifique molecularmente y que los poros capilares tengan una acción despreciable.

La presión así determinada por la llegada del agua a través de la membrana y medida por medio del tubo manométrico soldado al vaso poroso es la presión osmótica. De manera, que lo que se practica es la medida de la contrapresión que es necesario oponer a la atracción del agua producida a través de la membranas por las fuerzas repulsivas de las moléculas disueltas.

Surge de estas conclusiones que si bien las corrientes osmóticas son provocadas por las fuerzas de difusión, las membranas a través de las cuales se efectúan juegan un rol tanto más activo cuanto más cercanas estén de la hemipermeabilidad o permeabilidad para el agua sola.

Así si las corrientes osmóticas tienen lugar a través de tubos capilares anchos cuanto mayor sea su diámetro más se acercan a la difusión de dos líquidos por simple contacto.

Cuando la membrana de separación presenta espacios pequeños o casi nulos como los capilares intermicelares de las membranas orgánicas o los intertagmáticos de las membranas minerales y cuando el agua no puede pasar por vía diatagmática o diamicelar, es decir por ósmosis molecular se concibe que las fuerzas moleculares propias de la membrana entran en juego y el tabique tendrá parte activa en la ósmosis. Así podemos llegar a las conclusiones siguientes:

1.° — La tensión osmótica es una fuerza creada en el seno de un líquido por la presencia de moléculas disueltas.

2.° — Esta tensión se ejerce sobre las superficies límites del líquido del mismo modo que la presión gaseosa se ejerce sobre las paredes internas del vaso donde se encierra el gas o el vapor considerado.

3.° — El hecho de tender a presionar a las superficies líquidas explica la atracción del líquido a través de las membranas porosas. Las moléculas disueltas en la masa del disolvente harían el mismo efecto que un pistón colocado arriba de la superficie libre y que fuera levantado.

La presión osmótica ejercida sobre las superficies límites

equivale a una depresión mecánica de la masa líquida y de ahí el descenso del punto de congelación del disolvente.

4.° — La tensión osmótica como la tensión gaseosa es debida al estado cinético de las moléculas y a sus choques sobre las paredes lo que demuestra la analogía entre las moléculas gaseosas y las que están al estado de solución.

5.° — La difusión de las moléculas disueltas es análoga a la difusión de las moléculas gaseosas, cosa explicable, por la teoría cinética.

6.° — En los fenómenos osmóticos si la membrana tiene poros anchos juega un rol pasivo. Es activo cuando no presenta vías de pasaje sino que desplazamientos de su agua de adhesión molecular, vía diatagmática o vía micelar; así es cuando se opone al pasaje de las moléculas disueltas, impide la diálisis y permite el pasaje de líquido o sea la corriente endosmótica de Dutrechet. La atracción de líquido es la presión osmótica.

De estas conclusiones llegamos a que para la molécula material el estado de solución es un estado vecino al estado gaseoso y que las leyes del estado gaseoso, ley de Mariotte, ley de Gay Lussac y ley de Avogadro deben tener alguna atingencia.

Ley de presiones. — La presión osmótica a una misma temperatura y dentro de ciertos límites es proporcional a la concentración. Así cuando se disuelve una masa M de un cuerpo dado en un volumen v de un líquido dado. la presión osmótica π que resulta es proporcional al volumen v del disolvente.

En los gases la presión es proporcional a la masa gaseosa encerrada en el espacio considerado e inversamente proporcional al volumen de ese espacio. Así la ley de Mariotte aplicada a las soluciones podría enunciarse° el producto πv es una constante de las soluciones como el producto pv es una constante de los gases.

Ley de concentración molecular. — Si disolvemos en un mismo volumen de líquido pesos de solubles proporcionales a sus pesos moleculares veremos que desarrollarán presiones osmóticas iguales.

Si tomamos una molécula gramo de un gas o de un vapor y la colocamos en un vaso cerrado de volumen constante la presión desarrollada será la misma o dicho de otro modo un mismo número de moléculas gaseosas desenvuelven a una misma temperatura, la misma tensión gaseosa cuando se le coloca en un espacio cerrado de igual volumen (ley de Avogadro). Es decir, que hay correspondencia con la presión osmótica.

En las soluciones concentradas la presión osmótica crece más pronto que la concentración.

Esta restricción a la ley de Mariotte también se opera en los gases que siguen la ley cuando están lejos de su punto de liquefacción.

Ley de temperatura. — La presión osmótica crece proporcionalmente a la temperatura absoluta; es la ley de Gay Lussac aplicada a las soluciones y podría enunciarse así: la presión osmótica crece proporcionalmente al binomio de dilatación 1 + at. a es el 1|273 de la fórmula de los gases.

Ley de Vant'Hoff. — Las leyes enunciadas son verdaderas cualquiera que sea el disolvente. Este es el punto fundamental de la teoría de Vant'Hoff que asimila la presión osmótica a una presión gaseosa y las moléculas disueltas a las moléculas al estado gaseoso.

Ejemplo númerico. — Según la teoría de Vant'Hoff hay analogía entre la presión osmótica y la presión gaseosa:

Una molécula gramo de cualquier cuerpo encierra un mismo número de moléculas N.

N moléculas al estado gaseoso en un espacio V desarrollan una presión P.

Si se colocan en un espacio 22.434 c. c. desarrollarán una presión de 1 atmósfera a la temperatura de 0° C.

Según Regnault 1 c. c. de aire a 0° C y 760 mm. de presión pesa 1 mlg 293. 1 c. c. de un gas de densidad D pesará a 0° y 760 mm. 1,293 x D.

Para el hidrógeno 1 mlg. 293 x 0.0695 puesto que su densidad es 0.0695.

El peso molecular del H es 2.016, el volumen de 1 molécula gramo a 0° y 760 será:

$$\frac{2\,\text{gr.}\,016}{0\,\text{gr.}\,001293 \times 0\ 695} = 22.434\ \text{c. c.}$$

Así el volumen molecular de los gases a

$$0^{\circ}\ \text{y}\ 760\ V_m = 22\ \text{L.}\ 4$$

Según la ley de Vant'Hoff la disolución es una gaseificación. Una molécula gramo de cualquier soluble disuelta en 22 lts 4 de un disolvente cualquiera debe dar a 0° una presión de 1 atmósfera.

Así, una solución de sacarosa al 1 o|o a 15°5 tiene una presión osmótica de 0m684.

De aquí podemos deducir cuál sería la presión de la sacarosa, supuesta gaseificada, a la concentración de 342 gramos o sea 1 molécula gramo en un espacio vacío de 22 lts 4.

1 gramo de sacarosa en 100 gramos de agua ocupa un volumen de 100 c. c. 6 y por lo tanto la solución de 342 gramos de sacarosa al 1 % ocupará un volumen 34.405 c. c o sea 34 lts 4 aproximadamente.

1 molécula gramo de sacarosa a 15°5 disuelta en el agua que ocupa un volumen 3414 tiene una presión osmótica de 0 atmósfera 684.

Aplicando las leyes de Gay Lussac y Mariotte para llevar a 0° la temperatura y el volumen a 22 lts. 4.

$$P = 0\ \text{atm}\ 684 \times \frac{34\ \text{lts}\ 4}{22.4} \times \frac{273}{273 + 155} = 0\ \text{atm}\ 99\ \text{o sea 1 atm aprox.}$$

Excepciones. — Las sales, los ácidos y las bases se comportan en solución como si un cierto número de moléculas se disociaran por el hecho mismo de la disolución y como si cada submolécula, cada ion, jugara el rol de una molécula entera vis a vis de las leyes de la criocopia y de la tonometría.

Ahora es lo mismo, la presión osmótica dada por los solubles electrolíticos es superior a la prevista por la teoría.

Esta excepción a la ley general es la misma que se pre-

senta para los gases en la ley de Avogadro. Esto tiene su explicación en la disociación molecular.

Estado Coloidal

Paralelamente a las soluciones propiamente dichas debemos de considerar a sistemas constituídos igualmente por un líquido y un sólido en presencia pero cuyos caracteres son diferentes de las soluciones verdaderas al extremo que se les puede llamar pseudo soluciones.

Son los cristaloides y los coloides de Graham, coloides en los cuales parecería que no tuvieran dinamismo, que carecieran de presión osmótica o que fuera casi nula, con difusión lenta y con descenso crioscópico y de tensión de vapor casi despreciable.

Observados al ultramicroscopio presentan una magnitud de 1 yy a 100 uu.

La mayor parte de los cuerpos pueden afectar el estado coloidal si se preparan para ello.

Algunos como las gomas, colas, gelatinas, albuminoides, en presencia del agua toman la forma coloidal y forman sistemas estables, mientras que para otros hay que recurrir a artificios para su preparación.

Esa diferencia de estabilidad ha llevado a dividir a los coloides, en estables e inestables, no siendo el hecho otra cosa que la tendencia mayor o menor a la precipitación de las partículas en suspensión por la influencia de agentes físicos o químicos.

Las sustancias como la hemoglobina, gomas y albúminas que se preparan al estado coloidal por simple contacto con el agua gozan de gran estabilidad, cosa que no ocurre con otros cuerpos como los metales que son más difíciles de llevar al estado coloidal.

Los metales coloidales se preparan por métodos químicos o por el método del arco eléctrico de Bredig.

Los caracteres químicos de la molécula cambian al estado coloidal: los coloides son precipitados por un sinnúmero de

agentes y cuando se estudia a esta precipitación se llega a ver que no es del dominio exclusivo de la química.

Así un metal bivalente (bivalórico diría la R. A. E.) tiene sobre ciertos coloides un poder precipitante mayor que un monovalente y que un trivalente tiene un poder superior aún según experiencias de Linder, Picton, Whetham, etc.

Las partículas coloidales en suspensión en un líquido llevan cargas eléctricas. Si colocamos un líquido no conductor eléctrico en un circuito la corriente no pasará, si le agregamos partículas coloidales seguirá sin pasar la corriente con lo que quedaría establecida una diferencia entre coloides e iones.

Cuando una corriente atraviesa a un sistema coloidal hecho conductor por adición de moléculas solubles ionizables hay transporte en masa de la substancia coloidal hacia el anodo o hacia el catodo o sea anaforesis y cataforesis.

Cuando se estudia la acción precipitante de los ácidos y de las bases se comprueba que los ácidos solubles obran sobre los coloides electropositivos y las bases sobre los electronegativos de modo que cuando se pone una sal en presencia de un coloide, esta sal obra por su ácido si el coloide es positivo y por su base si el coloide es negativo.

El hecho tiene su explicación en la disociación molecular por disolución; las moléculas se dislocan en dos iones· el ion básico, ion metal de carga positiva y el ion ácido o halógeno de carga negativa. Así las acciones eléctricas se superponen a las acciones químicas.

La acción precipitante de un ácido o de una base es tanto más considerable tanto como que su valencia química es más elevada.

En efecto, la materia disociada en iones lleva cargas eléctricas bien determinadas, si se toman pesos de cada cuerpo proporcionales a sus pesos atómicos las cargas serán iguales en los monovalentes, dobles en los bivalentes, triples en los trivalentes, etc., así de cada valencia resulta en los electronegativos un electrón agregado y en los electropositivos un electrón sustraído.

Lo considerado para ácidos, bases y sales, es igual en general para los demás electrolitos.

Los cuerpos no electrolitos se comportan de otra manera muy variable. El alcohol precipita a los albuminoideos y puede llegarse a suponer una acción mutua de coloides.

Para explicar las diferencias tan profundas constatadas entre las substancias al estado coloidal y estas mismas substancias bajo otros estados se llega a razonar: 1.° que la presencia de una carga eléctrica es contraria a las leyes químicas de las combinaciones, y 2.° que en razón de la pequeñez del edificio coloide polimolecular, la capa superficial por sí sola constituye casi todo el espesor de la partícula coloidal.

Como las moléculas de las capas superficiales de los líquidos y aún de los sólidos tienen campos de acción disimétricos resulta como una membrana envolvente en la cual las ligazones intermoleculares son superiores a las ligazones intermoleculares de las regiones profundas.

El espesor de la partícula coloidal es de 20 u u, 30 u u o 50 uu y su diámetro de 15 uu ejemplo tomado del oro coloidal.

Además alrededor de cada partícula coloidal insoluble existe una capa de líquido adherente que forma, en su superficie, como una atmósfera aisladora, cuyas propiedades pueden diferir del líquido ambiente. A esta capa se la llama capa de *adsorción*.

La adsorción sería debida a los fenómenos capilares es decir a la acción de las fuerzas intermoleculares de las moléculas superficiales de los sólidos y de los líquidos que los mojan.

La elevación capilar supone que las moléculas superficiales del sólido atraen a las moléculas del líquido y que esta atracción es capaz de elevar por intermedio de la capa elástica superficial del líquido a una masa de este líquido.

Esta fuerza es considerable, una lámina de vidrio inmergida en el agua aunque se seque enérgicamente queda con una capa líquida de 5 uu de espesor siendo necesario para quitarla calentarla a unos cientos de grados. Hoy se tiene la concepción que los organismos se reducen, antes que todo, a sistemas coloidales, el plasma, las membranas celulares, los

líquidos orgánicos, las diastasas, los fermentos solubles, que presiden a la digestión y a la nutrición.

Las reacciones mórbidas, los procesos de defensa son reacciones coloidales.

Tensión superficial. — La flotabilidad de los insectos, la de cuerpos más densos, la experiencia de Dupré, la de Pasteur con Hg. y licopodio, la de Van der Niensbrugghe con el líquido de Plateau o con el de Gernez y la de Plateau tienen su explicación en la tensión superficial, así como lo tienen la adhesión de las superficies pulidas, de las colas y del mortero que forma los edificios lo mismo que la adherencia de las tinturas.

Según Rosenstiehl la fijación de las materias colorantes sobre los tejidos se debe únicamente a la cohesión, porque la materia colorante se fija al tejido sólo en el momento mismo en que pasa del estado disuelto al estado sólido.

Para que el teñido se produzca es necesario que en el momento de este cambio de estado haya un contacto perfecto entre las moléculas del cuerpo colorante disuelto y las moléculas del cuerpo al cual se van a adherir.

Ley de Jurin. — Los fenómenos capilares están regidos por la ley de Jurin que dice que cuando un líquido moja a un tubo capilar la altura a la cual se eleva es inversamente proporcional al diámetro del tubo.

El diámetro que se considera es al nivel del menisco, la forma del tubo debajo de este menisco no tiene influencia alguna.

Cuando la temperatura se eleva las alturas disminuyen.

Cuando los líquidos no mojan al tubo la ley es la misma pero las alturas son depresiones o cantidades negativas.

Esta ley se demuestra por el radio de actividad máxima de las moléculas de la superficie y de las capas profundas.

Basándose en la ley de Tate y por medio del cuentagotas de Duclaux o de Salleron se puede determinar la tensión superficial de los líquidos.

Los trabajos de Eotvos, Ramsay, Shields, llegan o tienden a establecer que la tensión superficial es una función molecular o propiedad coligativa de la materia; sería posible,

según estos autores, determinar el peso molecular y su temperatura crítica por medio de la tensión superficial.

Los autores citados dicen que si los gases presentan ciertas propiedades que permiten determinar el peso relativo de su molécula igual ha de suceder con los líquidos ya que las leyes de Avogadro y Ampére y la ley de Raoult son análogas.

Así que esos autores consideran a la tensión superficial de los líquidos como una propiedad coligativa de la materia capaz de darnos el peso molecular de los líquidos.

Si S es la superficie considerada medida con una unidad cualquiera de superficie y *y* la tensión superficial por unidad de superficie, el producto *y* S es lo que llama Ramsay, energía superficial.

La tensión superficial es nula a la temperatura crítica y crece arriba de este grado termométrico a medida que la temperatura desciende.

Si se quitan 5 o 10 grados debajo de la temperatura crítica, el descenso de la tensión superficial se hace proporcional al descenso térmico.

Así la temperatura crítica del éter es 194° 5, se contarán los descensos desde 186°, temperatura 8° 5 inferior a la temperatura crítica; de manera que las tensiones superficiales a 176°, 166°, 156° y 146°, son entre sí como 10, 20, 30, 40.

De modo que la energía superficial $\underline{y}$ S es para una temperatura dada, proporcional al número de grados X que separan a esta temperatura de la temperatura crítica disminuída de 5 o 10° según los cuerpos o sea $\underline{y}$ S es proporcional a x - d expresión en la cual x, es el número de grados que separan a la temperatura considerada de la temperatura crítica y d los 5.° o 10° que hay que deducir:

$$\underline{y}\ S = K\ (X - d)\quad \text{K es una constante}$$

Si tratamos de comparar a la energía superficial $\underline{y}$ S de superficies equimoleculares en los líquidos tomados a una

misma lejanía de su temperatura crítica y si encontramos que pasando de gases a líquidos los pesos moleculares gaseosos pueden ser tomados como en la fórmula de Avogadro es porque la molécula líquida es lo mismo que la molécula gaseosa.

Eotros, Ramsay y Schields consideran el volumen ocupado por una molécula gramo del líquido estudiado tomando por peso molecular al peso de la molécula gaseosa.

Los volúmenes obtenidos son equimoleculares si la molécula líquida es idéntica a la molécula gaseosa. Si consideramos a la superficie limitante de este volumen esta superficie varía cuando el volumen varía y varía como el cuadrado cuando el volumen varía como el cubo o sea: es en función del cuadrado de la raíz cúbica del volumen. Entonces tomando la potencia 2|3 del volumen molecular tendremos una superficie equimolecular y esta es la superficie S que se ha de considerar para cada líquido y es para ello que se multiplica la tensión superficial para tener la energía superficial $\underline{y}$ S. Los autores llegaron a los resultados siguientes:

1. — A una misma distancia termométrica del punto crítico, los líquidos presentan en general la misma energía superficial para superficies equimoleculares si se hace al peso molecular igual al estado líquido y al estado gaseoso.

2. — Hay excepciones en el caso de los líquidos de moléculas complejas como el H^2O molécula cuádruple, los alcoholes, ácidos grasos, fénol, acetona, etc.

Tensión en los sólidos. — En los sólidos hay también disimetría molecular en la vecindad de las superficies libres. El estudio de la conductibilidad eléctrica de las láminas metálicas delgadas depositadas sobre vidrio demuestra que las capas superficiales tienen una conductibilidad menor (Vincent, Moreau, Patterson).

La conductibilidad crece más pronto que el espesor cuando se consideran capas de más en más espesas.

Según Blanc la caída de resistencia eléctrica en los tubos de limadura empleados por Branly como reveladores de las ondas hertzianas se explicaría porque al estado natural los

granos de limadura están en contacto por sus caras superficiales y por lo tanto la conductibilidad es muy débil. Cuando las ondas hertzianas originan corrientes de inducción se produce un contacto más íntimo de los granos, con lo cual se destruye la disimetría molecular de las capas superficiales llegando la conductibilidad a las capas profundas.

En la plata se ha llegado a determinar el espesor de capas disimétricas 25 u u.

Si se acepta las teorías de Thompson sobre la corriente eléctrica que dice que la conductibilidad es una función del libre recorrido medio de electrones en la materia, las anomalías observadas no podrían ser atribuídas a disimetría en las capas superficiales porque lo único que llegaría a probar es que los electrones encuentran impedimento en su libre recorrido por choques contra la superficie.

Murain ha observado anomalías en las propiedades magnéticas de las capas superficiales y que se traducen por la disminución de las propiedades magnéticas del hierro en las capas de 1 a 80 u u al parecer estas anomalías se deberían a la disimetría molecular.

Quincke practicó experiencias inmergiendo en agua placas de vidrio recubiertas de una capa de plata de espesores crecientes, llegando a establecer una escala de acciones capilares con el fin de llegar a la disimetría molecular pero con resultados dudosos.

Finalmente Vincent y Drude han practicado observaciones sobre las propiedades ópticas de las láminas delgadas constatando diferencias de reflexión, refracción, índice de refracción.

La densidad del éter variaría en las capas superficiales.

Morlología de la materia

La cristalografía puede llegar a darnos algunos indicios de la estructura de los granos de la materia ya que en la naturaleza no se presentan hechos o fenómenos que nos revelen la forma de la molécula o que nos indiquen si la mo-

lécula es igual en todas direcciones del espacio, si tiene los mismos caracteres, si es isotropa o anisotropa y si posee una orientación dinámica o cinética, en fin si presenta puntos polares o ejes de movimiento.

Dada la distinta velocidad de difusión de la materia, cuando está al estado de disolución se llega a suponer que las moléculas han de tener una magnitud específica para cada cuerpo; algunas moléculas de compuestos orgánicos se difunden con menor velocidad que cuando forman otros compuestos poliatómicos.

El estudio de los agregados moleculares de la materia como las micelas de Naegelli y las tagmas de Pfeffer inducen a suponer que la molécula es isotropa.

En los cuerpos porosos las partículas se distinguen a simple vista, en los coloides se llegan a observar al ultramicroscopio.

Siendo la molécula isotrópica es lógico suponerla de forma esférica, siendo la esfera el sólido que a igual volumen tiene una superficie mínima.

La forma del átomo es a veces anisótropa debido a que en la periferia se oponen fuerzas moleculares pero esa disimetría sería pequeña y podría no afectar al conjunto de la masa.

Cristales. — Ya dijimos que el estudio de la cristalografía nos dá cierta luz sobre la estructura molecular.

La mayoría de los cuerpos inorgánicos se presenta al estado cristalino, y sus cristales obedecen a la ley de Haüy.

La forma de los cristales puede variar hasta el infinito y cuando afectan formas regulares presentan un "eje de simetría", que puede ser binario, ternario, cuaternario, etc., según el número de superposiciones a que da lugar. Presentan también un centro de simetría o sea el punto central donde se encuentran todos los ejes y que se encuentra colocado a igual distancia de cada una de las caras del cristal.

Todo plano perpendicular a los ejes y que pasa por el centro de simetría dividirá al cristal en dos partes iguales o simétricas.

Siguiendo la clasificación de Haüy, las formas cristalinas pueden reducirse a siete tipos de cristales, o sistemas.

El cubo, el prisma recto de base exagonal, el romboedro (asimilable al cubo deformado por tracción sobre dos cumbres opuestas), el prisma recto de base cuadrada, el prisma recto de base loxange, el prisma oblicuo de base loxange y el paralelipípedo o sean los sistemas: cúbico, hexagonal, romboédrico, cuadrilátero, ortorrómbico, clinorrómbico y triclínico.

De estas formas fundamentales pueden derivar muchas otras por truncadura de las cumbres o de las aristas siempre que se proceda sin disminuir a los elementos de simetría.

Simetría y propiedades de la materia. — Si talláramos una esfera en un cristal y otra semejante en una substancia amorfa, si la sometemos a la acción del calórico notaremos una dilatación que es uniforme en la esfera del amorfo, que no es así en la esfera del cristalizado, en la cual puede haber diámetros desigualmente dilatados. Si estudiáramos la elasticidad, la conductibilidad eléctrica o térmica o la velocidad de propagación de la luz, igual notaríamos diferencias.

Todas estas propiedades que pueden variar en el cristal según la dirección considerada constituyen las propiedades "dirigidas" o "vectoriales" de la materia que nada tienen de común con las propiedades "scalaires" cual la densidad.

Si tallamos una esfera en un cristal del sistema hexagonal y si la sometemos a la acción del calor la esfera tomará la forma de un elipsoide porque el coeficiente de dilatación del eje principal es diferente del coeficiente de dilatación de las direcciones perpendiculares.

Si hiciéramos la misma experiencia con una esfera tallada en un cristal del sistema cúbico llegaríamos a que después de la dilatación tendría una forma esférica, de manera que tomando como centro el centro de simetría y siguiendo las direcciones prolongadas y señalando a cada una las variaciones vectoriales valiéndonos de unidades dadas llegaríamos en el sistema cúbico y en el cuerpo amorfo a

un conjunto de puntos que unidos nos darían una esfera mientras que en los cristales del romboedro sería una elipse.

Cuando las propiedades vectoriales pueden ser representadas por una superficie esférica es decir cuando son iguales en todas las direcciones se dice que la substancia es isótropa y en caso contrario la substancia es anisótropa.

El sistema cúbico y la materia amorfa son isótropos, los cristales de los demás sistemas son anisótropos.

El sistema cristalino está caracterizado por la existencia de propiedades trópicas y por las variaciones enunciadas en sus propiedades vectoriales según la dirección.

La forma exterior de un cristal es una consecuencia de las propiedades trópicas.

Las propiedades vectoriales se representan por ejes a partir de un punto tomado como origen y estos ejes corresponden a los elementos de simetría del cristal.

Los ejes de un cristal considerados como elementos de simetría son siempre los mismos, se podrán modificar sus caras pero siempre que se respete la simetría del cristal conservará sus propiedades trópicas y sin cambiar por lo tanto su forma exterior y su sistema de clasificación.

La forma de un cristal es una propiedad derivada que depende de los elementos de simetría y de las propiedades trópicas de cada partícula componente del sistema

La génesis de un cristal o mejor dicho de una forma cristalina es una consecuencia de la anisotropía intrínseca de la materia.

Podríamos considerar en los cristales una relación entre las propiedades vectoriales y sus ejes de simetría que nos llevaría a la existencia de una disimetría trópica, y que nos permitiría definir a la substancia cristalina.

En un cristal los elementos de materia presentan una disimetría en sus propiedades vectoras o sea una anisotropía.

Para estudiar las formas cristalinas sería necesario estudiar las propiedades disimétricas al mismo tiempo que las propiedades vectoriales, elasticidad, dilatación, conductibilidad eléctrica, propiedades ópticas, propiedades magnéticas.

Elasticidad. — En los cristales la elasticidad es diferente

según los ejes y es más acentuada que la disimetría de las otras propiedades vectoriales.

Los cristales del primer sistema, del cúbico, se comportan cual la materia amorfa, al igual que la conductibilidad térmica y propiedades ópticas, en cambio su coeficiente de elasticidad varía según el eje principal, el eje ternario o un eje binario. En la sal gema la variación es 4190, 3030, 3490 respectivamente.

Esta disimetría nos induciría a suponer que las moléculas en su trabajo de orientación seguirían lineas isodinámicas determinantes de la forma cristalina cuando del estado líquido o de solución pasan al estado sólido.

Dilatación térmica. — Cuando se calienta a un cristal del sistema cúbico o a una esfera tallada en un cristal cúbico se dilata sin perder su forma cual si se tratara de una sustancia amorfa pero si la comprimimos, como es elásticamente disimétrica se deformará.

Si calentamos un cristal o como en el caso anterior una esfera tallada de un cristal de los sistemas hexagonal, romboédrico o cuadrático, como el coeficiente de dilatación térmica varía según los ejes cuando el coeficiente sea el mismo para todos los ejes perpendiculares al eje principal, la esfera tomará la forma de un elipsoide de revolución. Cuando el coeficiente no sea el mismo para estos ejes el elipsoide tendrá, en general, tres ejes desiguales.

Prácticamente puede verse esto en los cristales de esmeralda.

Al calentar un cristal hexagonal de esmeralda se ve que aumenta de dimensión según un diámetro y disminuye según otro, se contraen según el eje principal y se dilatan según los ejes perpendiculares.

En cristales de otro sistema el coeficiente de dilatación térmica varía de una manera compleja.

La materia cristalizada según el sistema cúbico es isótropa como la amorfa y por lo tanto cuando se le calienta las líneas isotérmicas forman círculo alrededor del punto calentado cualquiera que sea la orientación de la sección con relación a los ejes.

En los sistemas hexagonal, romboédrico y cuadrático donde los cristales presentan un eje principal, si la superficie de sección es paralela a este eje, se observa, cuando se le calienta, que las lineas isotérmicas forman una elipse alrededor del punto calentado.

Los cristales romboédricos de antimonio tienen coeficientes de conductibilidad térmica diferentes según el eje principal y según la dirección perpendicular. La relación es 0.63.

El cuarzo tiene una conductibilidad térmica de 1.576 según el eje principal y 0.957 según la dirección perpendicular. Relación 1.64.

Cuanto mayor sea la asimetría de los cristales, más compleja es su conductibilidad térmica. La conductibilidad eléctrica es presumible que siga las mismas leyes.

Los cristales presentan disimetrías de propiedades magnéticas análogas a las disimétricas.

Los cristales presentan disimetrías en sus propiedades ópticas.

Cuando la luz atraviesa un cristal dèl sistema cúbico las cosas ocurren cual si atravesaran una substancia amorfa.

Cuando la luz incide sobre la cara de un cristal de otro sistema se divide en dos rayos que no llevan la misma velocidad y originan la doble refracción.

Sobre la naturaleza de los cristales hasta el presente no hay nada de concreto; se llega a suponer que los cristales están constituídos por redes tenues cuyos claros estarían ocupados por las moléculas de materia, las mallas de la red estarían superpuestas de manera tal que cuando practicáramos el clivaje de un cristal no haríamos otra cosa que separar a estos planos.

Bravais llega a suponer que los planos reticulares más aptos para formar las caras del cristal son los que tengan mayor densidad reticular o sea el mayor número de mallas por unidad de superficie.

La tensión superficial tendría también su intervención en la formación de los cristales.

Esta tensión puede ser mínima ante la energía total, puede ser igual en las caras del cristal o puede ejercerse desigualmente.

La energía potencial de superficie puede tender a que el sólido en formación tome una forma determinada de manera que la tensión total o global sea nula.

Cuando la tensión por unidad de superficie no es la misma en cada cara y varía según la densidad reticular la acción de las caras será desigual y se establecerá un equilibrio entre el área de las caras cuyo resultado será vencer la tensión superficial.

Cuando en un agua madre se colocan cristales de distinto grosor, los cristales pequeños desaparecen mientras que los grandes aumentan de volumen, lo que se explica teniendo en cuenta lo dicho en el párrafo anterior; la suma de energía potencial de superficie del sistema será tanto más pequeña para un mismo equilibrio de fases soluble y cristalina cuanto mayor sea la división de la materia cristalizada.

Curie, desarrolla a esta teoría con la idea de demostrar que hay una relación entre la energía y las formas cristalográficas puesto que para pasar de unas a otras es necesario variar fuerzas vectoras o fuerzas dirigidas.

En la teoría de Bravais al suponer a los cristales constituídos por redes es lógico que se les imagine compuestos por la yuxtaposición de poliedros o mallas cristalográficas y que cada poliedro ha de estar lleno por moléculas orientadas de lo que se deduciría que las propiedades vectoras de la red tienen que presentar elementos de simetría tales que el conjunto sea igual o superior al de las moléculas cristalinas.

Se concebiría que habría que distinguir entre las propiedades vectoras las que corresponden a la simetría de la red y las que correspondan a la simetría de la molécula. De esto se desprende que puedan existir diferentes grados de isotropía en un mismo cristal según la propiedad vectorial que se estudie. Así en el sistema cúbico, ya hemos visto, que la conductibilidad térmica, la conductibilidad eléctrica, la elasticidad y las propiedades magnéticas son diferentes según las direcciones mientras que la dilatación térmica y las propiedades ópticas son las mismas y permiten asimilar a los cuerpos del sistema cúbico a las sustancias isótropas.

La mallas reticulares del cristal han de estar formadas por una asociación de moléculas químicas.

La molécula química constituiría la unidad cristalográfica ya que a cada especie química corresponde una forma cristalina determinada y ya que la más pequeña modificación arquitectural de la molécula llega a cambiar la forma del cristal.

La modificación que sufre la forma cristalina cuando cambia el medio (agua madre) parecería en contradicción con lo expuesto pero no es así, si recordamos que el área de las caras es una función de la tensión superficial al nivel de cada plano reticular y que esa tensión relativa a cada plano puede variar variando el medio. No llegándose a nada concreto en la forma cristalina por hipótesis la hemos de suponer como si fuera debida a las propiedades vectoriales disimétricas de colonias moleculares en las que cada molécula se encuentra dinámicamente orientada en el espacio.

La materia sólida parecería a primera vista que cuando está al estado cristalino haría excepción mientras que la regla sería cuando se encuentra al estado amorfo. Los metales observados a simple vista no parecen afectar el estado cristalino, en cambio observados con algún aumento se ve su estructura cristalina y se llega a la anisotropía cuando estén en láminas delgadas.

Las moléculas cuando pasan del estado líquido al estado sólido parece que tuvieran cierta tendencia a la anisotropía.

El estado amorfo es característico de todas las substancias que pasan progresivamente del estado líquido al estado sólido por aumento contínuo de la viscosidad como en las substancias vítreas y en las ceras.

Según las condiciones físicas de la solidificación los cristales pequeños toman orientación y se ligan en redes distintas constituyendo unidades cristalinas independientes.

Cuando los metales son sometidos a la acción del recocido, temple, laminación por acción mecánica, los pequeños cristales componentes sufren cambios en sus propiedades vectoriales pero las recuperan cuando se calientan. Los metales templados tienen un coeficiente de elasticidad supe-

rior, son menos conductores de la electricidad y tienen una densidad menor.

Los metales sometidos a presión fuerte pueden presentar al principio un aumento de densidad y cuando la presión aumenta la densidad disminuye llegando a formar una especie de pulverización, observada por Kahlbaun. Este estado pulverulento es un estado amorfo que muchos físicos tienen como a un estado líquido.

Difusión de sólidos. — Si la rigidez de los sólidos es vencida por acciones mecánicas sin llegar al cambio de estado por fusión, quiere decir que la absoluta rigidez que se le atribuía no es verdadera y así lo parece después de la observación de una serie de fenómenos denominados difusión de los metales.

Colocados dos cilindros de metal diferentes cuyas superficies hayan sido aplanadas y pulidas se nota al cabo de cierto tiempo que se forma una aleación en la capa de contacto. El fenómeno se activa si se eleva la temperatura hasta 300° o 400° y también si se comprime al sistema.

Si los cilindros fueran del mismo metal en igualdad de condiciones quedarían soldados.

Según los metales la capa de aleación presenta mayor o menor espesor que puede alcanzar a algunos milímetros.

Este fenómeno de difusión acerca el estado sólido al estado líquido.

Las transformaciones sin cambio de estado, fusión, del sistema cristalino de un cuerpo, ponen en evidencia al fenómeno anterior.

Algunos cuerpos se presentan en distintos estados alotrópicos y cada uno de estos estados está caracterizado por un sistema cristalino. El pasaje de uno a otro puede verificarse sin que el cuerpo deje de ser sólido con tal que el pasaje sea brusco; así al calentar uno de esos sólidos a una temperatura y a una presión dada se observa un cambio brusco de sus propiedades.

Como ejemplos tendríamos, el estaño, los ioduros de Hg, Ag, Au, el nitrato potásico y el clorato de sodio que presentan 2 o 3 formas cristalinas y el azufre que presenta un número crecido.

Así podremos decir, en términos generales, que a un cuerpo dado corresponden ciertas condiciones de temperatura y presión.

El estado cristalino es una fase del estado sólido estable a temperatura y presión dadas y podría transformarse en otra forma cristalina o en forma amorfa.

La materia amorfa puede pasar al estado cristalino como los vidrios que al ser calentados pierden el estado vítreo para tomar una estructura cristalina.

El estudio de los cristales ha conducido a suponer que la molécula es un centro cinético capaz de orientación y susceptible de manifestar sus propiedades dirigibles variables según la dirección del eje. En ese concepto, el estado amorfo sería una desorientación de agregados elementales capaces en determinadas condiciones físicas de manifestar su anisotropía revelando así su estructura.

Estas observaciones nos conducen al atomismo de la materia, es decir a suponerla discontínua, formada por granos con vacíos entre ellos.

En los sólidos vemos que las moléculas están animadas de un movimiento autónomo que se orientan y se asocian para dar a su conjunto una forma determinada cuyas propiedades vectoriales o "scalaires" pueden ser interpretadas por un régimen de atracción y de equilibrio molecular o por la manera de agrupamiento de sus moléculas.

Se ha llegado a pensar que si cuando un sólido pasa de un estado alotrópico a otro lo hace por simple cambio de orientación molecular o si sufre alteración en su edificio molecular y es entonces un fenómeno químico.

Algunas experiencias parecerían indicar que se trata de un fenómeno químico aún cuando acá es dificilísimo señalar las fronteras con el fenómeno físico. El ioduro de plata cristaliza en romboedros, calentado a 146° pierde su birrefringencia y cristaliza en cubos. Esta transformación se hace con cambio de color, absorción de calor y aumento de densidad.

Sería el caso de preguntar si la molécula de los sólidos es siempre la misma, si es idéntica a la molécula gaseosa y si

su polimorfismo aparente se debe a asociaciones, bigeminaciones indisolubles para un estado físico dado.

El peso molecular de los sólidos no puede ser determinado de una manera absoluta. Por excepción se llega a que un cuerpo que pasa directamente del estado sólido al estado gaseoso de un vapor cuyo peso molecular difiera del peso molecular del vapor obtenido calentando el mismo cuerpo al estado líquido.

En el cloruro de cianógeno, por ejemplo, su molécula de vapor pesa tres veces más cuando es obtenida por evaporación del sólido que cuando es producida por evaporación del líquido.

Anisotropía producida. — De una manera artificial se puede llegar a la anisotropía por deformación mecánica o por orientación de las moléculas.

Así comprimiendo en el torno a una lámina de vidrio se hace isotrópica. se comporta a la luz como si fuera un cristal cuyo eje mayor fuera perpendicular a las caras.

Cuando se produce la anisotropía del vidrio en un campo eléctrico, el cristal se comporta como si su eje fuera paralelo al campo eléctrico.

En los líquidos coloidales se puede observar un fenómeno análogo al mismo tiempo que se pone de manifiesto la orientación de las moléculas.

Sometido a la acción de un campo magnético un líquido coloidal férrico, las partículas se orientan y se manifiesta la birrefringencia óptica.

Si al líquido coloidal férrico se le adiciona gelatina y se deja que se transforme en jalea por enfriamiento en el mismo campo mágnético, las partículas quedan orientadas y la gelatina se comporta como un imán.

Estos fenómenos nos llevan a aseverar que la anisotropía o disimetría de propiedades vectoriales de la materia se produce por la orientación de las moléculas revelada en los sólidos por su forma cristalina (redes) y en los líquidos sin forma exterior por anisotropía.

Hay manera de presentarse la materia que revelan en algo la ligazón de estados sólido y líquido, como lo supone Leh-

mann al estudiar los cristales blandos o líquidos como los del ioduro de plata a 146°.

Algunos cristales sólidos pierden su rigidez cuando se les calienta, otros son deformables a la temperatura ordinaria como en el alcanfor y otros presentan a esta plasticidad muy resaltada por lo cual se les llama cristales blandos como los de oleato de amonio, de mercurio, etc.

Observado al microscopio el residuo que resulta de dejar evaporar a una solución saturada en caliente de oleato de amonio en alcohol veremos pequeños cristales de forma de pirámide doble con ángulos redondeados y que presentan el carácter óptico de los cristales uni - ejes.

La forma redondeada de los ángulos se debe a la tensión superficial que soporta todo cristal formado en un medio líquido, que como dijimos antes, establecerían un régimen de equilibrio entre las fuerzas disimétricas que tienden a limitar la red por las caras planas y las fuerzas de la tensión superficial que tienden a que el cristal afecte la forma esférica. Como las fuerzas disimétricas son menores, aunque no contrarrestadas o nulas, las fuerzas de tensión predominan rodeando al cristal y dándole tendencias hacia la forma esférica.

Un gran número de substancias orgánicas presentan este fenómeno, entre ellas los cristales esféricos birrefringentes del para - azoxyfenetol obtenidos de la evaporación de su solución en aceite de oliva.

Los cristales blandos cuando encuentran un obstáculo se deforman momentáneamente para luego adquirir la forma primitiva. Cuando el obstáculo es muy grande o durable el cristal se divide y origina dos cristales de forma análoga al primitivo. Cuando dos cristales chocan entre sí se fusionan en uno solo conservando su forma cuando los dos ejes son paralelos pero cuando los ejes son normales se fusionan en cruz constituyen una macla.

Algunos líquidos presentan estructura cristalina sin poseer cristales. Así las substancias que en solución dan cristales blandos cuando se les calienta partiendo del estado sólido dan por fusión un líquido turbio muy flúido que si se sigue calentando se vuelve transparente y menos flúido.

Si bajo la forma de capa delgada observamos a uno de estos líquidos al microscopio a luz polarizada notaremos que es birrefringente, lo que caracteriza al estado cristalino.

Esta birrefringencia no es la de los grandes cristales pero sí es la de los cuerpos compuestos de pequeños cristales no orientados uniformemente.

En el segundo punto termométrico de transformación el líquido pasa bruscamente de este estado pseudo cristalino al estado isotrópico de una manera brusca comparable a la ya señalada mutación de estados alotrópicos que se acompañan con cambios de densidad y de calor específico.

Es probable que el cambio en los líquidos cristalinos sea acompañado de cambios moleculares algunas veces, pues si aplicamos la fórmula de Eotnos, Ramsay, Shield, llegamos a que algunos cuerpos como el para - azoxyfenetol tienen la misma unidad molecular en sus dos estados líquidos mientras que el benzoato de colesterina tiene una molécula más compleja al estado cristalino que al estado isótropo.

Tales son los hechos que nos llevan a sentar que las moléculas de materia son susceptibles en determinadas condiciones, de orientarse sin llegar a constituir cristales pero dando sin embargo fenómenos de anisotropía y que en otros casos llegan a formar redes sin que las partículas cristalinas formadas tengan orientación determinada y ofreciendo la substancia un efecto de polarización y un aspecto turbio.

Una substancia tal cual el oleato de amonio produce el efecto últimamente señalado, colocado en un porta objeto y adicionado de ácido oléico y agua se observa que expontáneamente o bajo la influencia de pequeños choques parecería que la lámina porta - objetos, y la cubre - objetos tuvieran una acción orientante sobre los pequeños cristales y el sistema tendría la anisotropía de un cristal uni - eje.

De ésto se deduce que la anisotropía corresponde a la molécula, la orientación basta para que la anisotropía se manifieste. La formación de redes y la apariencia cristalina de la materia son una manifestación de la anisotropía y por lo tanto son una consecuencia cuya causa reside en la molécula a la cual tenemos entonces que suponer dotada de movimiento.

Este movimiento al parecer simple, movimiento alrededor de un eje, tendría su explicación en la teoría cinética.

La Teoría Cinética y los movimientos Brownianos

El estado cinético de los átomos o de las moléculas es un concepto que al presente se tiene como si constituyera una realidad lo que se hace intervenir a la electricidad, a las radiaciones en fin a la energía que se denomina *no materia.*

El estudio del calor, de la presión gaseosa, de la tensión osmótica, de la difusión de los gases, de los líquidos y de los sólidos nos hace ver que las moléculas están animadas de movimientos de translación. Las leyes de la termoquímica, el estudio del calor específico, nos llevan a la consideración de las fuerzas vivas moleculares, cuyo factor más importante es el cuadrado de una velocidad.

El equilibrio de los tres estados de la materia, los fenómenos de mutación de las fases sólida, líquida o gaseosa nos llevan a concepciones cinéticas al igual que la estructura cristalina de sólidos y líquidos así como la anisotropía de la materia.

Un ejemplo tangible de la agitación molecular se observa en el llamado movimiento browniano.

Brown en 1827 observó al microscopio que las pequeñas partículas en suspensión en un líquido tenían movimientos bruscos e irregulares y que eran tanto más rápidos cuanto más pequeñas fueran sus partículas.

Actualmente se puede observar el movimiento browniano valiéndose del ultramicroscopio y tan solo con un aumento de 500 diámetros. Las partículas coloidales se ven animadas de movimientos rápidos y desordenados alrededor de una posición media con rotaciones alrededor de un eje de dirección indeterminada.

Una gota de agua conteniendo un polvo cualquiera nos deja ver este movimiento.

La velocidad de translación varía según la magnitud de las partículas y sólo vemos el estado cinético de las mayores.

En determinadas condiciones las moléculas gaseosas manifiestan sus trayectorias.

Dunoyer llega a mostrar esas trayectorias de las partículas gaseosas en el momento de la evaporación. Para ello se vale de un tubo cilíndrico de vidrio dividido por dos tabiques en tres compartimentos, cada tabique está agujereado según el eje y en el fondo del cual coloca una substancia poco volátil a la temperatura ordinaria. Al calentar la substancias las partículas se separan con una velocidad que varía con la temperatura; la trayectoria de algunas partículas coincide con el eje de los tabiques y atraviesan todo el tubo en el cual puede observarse sobre su pared superior un depósito negro en el eje de los orificios.

La causa de los movimientos brownianos no llegó a discutirse hasta que Perrin y Wiener en 1863 la atribuyeron a la cinética molecular.

Gowwy, 25 años después atribuyó la causa a acciones propias de los granos de materia ya que la acción de las fuerzas mecánicas no le hacía sufrir modificación.

Admitido que los movimientos brownianos sean debidos a la molécula cabe preguntar si son a la molécula sólida o si son a las moléculas del medio ambiente y para llegar a una explicación que convenza tenemos que recurrir a las leyes que rigen a este movimiento o sea a las constantes comunes a todas las moléculas.

Constante de Avogadro. — Avogadro y Ampére establecieron que volúmenes iguales de gas a la misma presión y temperatura encierran el mismo número de moléculas, así que el peso de volúmenes iguales es proporcional al peso de cada molécula. Dos masas equimoleculares y equivolumétricas de H. de O, o de vapor de H^2O que pesan 2 gramos. 32 gramos y 18 gramos son las moléculas gramos de esos cuerpos.

Cada una de esas masas encierra un número N de moléculas, igual para todos los gases y se llama constante de Avogadro o sea el número de moléculas que pesa 1 molécula gramo o sea el contenido en una molécuia gramo.

Así si se pudiera determinar numéricamente a la constante de Avogadro se conocería enseguida el peso absoluto de la molécula de todos los cuerpos.

Constante a) o coeficiente de dilatación de los gases. —Es

sabido que cuando a partir de 0° se eleva la temperatura de un gas a 1° 2° etc., el volumen ocupado por el gas aumenta 1, 2, etc., veces la fracción 1|273 que es una constante común a los gases y que se llama coeficiente de dilatación a).

Constante pv de la ley de Mariotte. — Considerado a una misma temperatura un peso de un gas y llevado a un volumen v, el gas ha de desarrollar una presión p.

Si a esa temperatura se dobla el volumen v, la presión p disminuye a la mitad; si se triplica, disminuye al tercio y así sucesivamente pv queda constante que es la ley de Mariotte.

Si quisiéramos que la presión P desenvuelta a la temperatura de 0° C. por molécula gramo sea igual a la presión atmosférica media, es decir a 1 atmósfera necesitaría hacer que el volumen V ocupara 22.434 c. c. o sea 22 litros 4 próximamente. El producto PV de estos dos números se transforma, entonces, en una constante universal siempre que los gases se hallen en igualdad de condiciones y obedezcan a la ley de Mariotte.

Constante R para los gases perfectos. — El producto PV aumenta con la temperatura. Calentados los gases a partir de 0° pero dejando constante a su presión, su volumen aumentará 1|273 por cada grado. Calentados de manera que el volumen quede constante la presión aumentará una fracción 1|273 por grado. Así que el producto PV aumenta siempre 1|273 por grado.

A una temperatura t arriba de 0° será: PV $1 + \overset{@}{t}\ \frac{1}{273}$

y a una temperatura de 273° bajo 0 se anulará porque se toma a la temperatura — 273° como 0 absoluto y podemos decir que el producto PV es proporcional a la temperatura medida en grados a partir del 0 absoluto. Para un grado es 1|273 del producto 1.013.663 dinas, 376 × 22.434 c. c. o sea (8.32×10^7).

Esta constante 8.32×10^7 que se designa con la letra R y que representa al producto P v a) ó $\frac{PV}{273}$ es la constante de los gases perfectos.

Constante de energía molecular. — Admitiendo que la presión de los fluidos sea producida por el choque de las moléculas contra las paredes se concebirá que un número N de moléculas gaseosas que pesen una molécula gramo y ocupando el volumen molecular 22.434 producirán la misma presión cualquiera que sea el gas considerado si la energía cinética w de todas las moléculas es la misma a la misma temperatura.

Se llama energía cinética media $\overline{W}$ de la molécula de un gas dado a la temperatura absoluta T a la presión ejercida contra las paredes del vaso cuando el número N de estas moléculas es una función de $\frac{Nw}{v}$ fracción en la cual v es el volumen ocupado de manera que pv igual a RT es una función de Nw. Así que como R y N son constantes físicas universales w a una temperatura T es igual para todos los gases.

La energía cinética varía proporcionalmente a la temperatura absoluta T de manera que $\frac{W}{T}$ es una constante universal o sea el coeficiente de aumento de la energía cinética molecular con la temperatura y a la cual se le llama constantes de energía molecular.

Así se llega a suponer que todos los gases tienen sus moléculas dotadas de una misma energía cinética a la misma temperatura; que esta energía es la causa de la presión gaseosa y que crece a partir del 0 absoluto proporcionalmente a los grados térmicos.

Representando a esta proporcionalidad por grados termométricos, como estos son la medida directa de los aumentos de volúmenes de un líquido, el mercurio en la cubeta, es fácil de concebir el postulado anterior.

Admitiendo que el distanciamiento molecular en líquidos y sólidos es una función de la energía cinética molecular, las diferentes funciones como dilatación de sólidos, líquidos y gases, presión gaseosa, y temperatura medida con el termómetro son dependientes de una misma variante, la energía cinética molecular.

Como el grado termométrico es una unidad convencional, la constante a) común a todos los gases puede considerarse como la cantidad que aumenta la energía cinética molecular y será igual a la 273a parte de la energía cinética que posee la molécula a la temperatura del hielo fundente.

Energía cinética de las moléculas disueltas. — Los movimientos brownianos están ligados a la intensidad de energía cinética molecular.

Ya hemos establecido que la presión gaseosa es una función del número de moléculas y de su energía cinética y que es inversamente proporcional al volumen ocupado.

Joule, Clausius y Maxwel establecen que la presión gaseosa p es igual a 2|3 n, sería el número de moléculas en presencia w su energía cinética a la temperatura considerada y v el volumen ocupado.

Es decir que el término 2|3 nw es igual a p-v la constante conocida y cuando se considera a la molécula gramo 2|3 Nw se llega a que es igual al producto de la constante universal R por la temperatura absoluta puesto que p-v. = RT.

El valor del término 2|3 Nw en el cual N representa a la constante de Avogadro y w a la energía cinética molecular común a todos los gases a la temperatura T es conocido.

La velocidad de traslación de cada molécula varía a cada momento pero se puede llegar a determinar una velocidad media U tal que la fuerza viva molecular puede ser considerada como función del cuadrado de esta velocidad y de la masa de la molécula $\frac{M}{N}$,fracción de la cual M es la masa de la molécula-gramo y N la constante de Avogadro.

Si en el término 2/3 Nw reemplazamos al factor w por 1/2 $\frac{M}{N}$ U^2 el término será $\frac{Mu^2}{3}$.

Así la velocidad media se hace calculable para cada gas puesto que $RT = \frac{MU^2}{3}$ y que R T M son valores conocidos.

Así para el 0 a la temperatura de 0° C. se halla que la velocidad media es 435 metros por segundo.

Esta velocidad media es una cantidad ficticia pero cobra

un valor más concreto si a su noción se añade la del libre recorrido medio de cada melécula.

El libre recorrido medio es la longitud media del camino que recorre en linea recta cada molécula entre dos choques consecutivos.

Relacionando a la fórmula de Maxwel según la cual la viscosidad o sea el coeficiente de frotamiento entre dos capas gaseosas paralelas que se desplazan paralelamente con velocidades diferentes, es función de la unidad del gas, de la velocidad molecular media y del libre recorrido medio, este libre recorrido es calculable. Para el 0 sería cercano a 0, micron 1 a la temperatura y presión ordinaria del aire atmosférico.

Si la energía cinética molecular es la misma para todos los gases a la misma temperatura y si crece proporcionalmente a la temperatura absoluta de la misma manera para cada uno de ellos es presumible que la presión ejercida contra las paredes por una masa gaseosa compuesta de varios gases mezclados será igual a la suma de las presiones que ejercería cada gas como si estuviera solo ocupando ese espacio. En efecto, cada molécula actúa por su propia cuenta, cuando se colocan N moléculas de la misma especie o de especies diferentes en un volumen de 22 Lts 4 se desenvuelve en todos los casos una presión de 1 atmósfera a la temperatura 0° o lo que es igual un número N de moléculas de un gas dado desarrolla en un volumen de 22 lts 04 a la temperatura 0° una presión de una atmósfera por sí sóla haya o no haya moléculas de otro gas en ese espacio.

Cuando en el espacio hay moléculas de líquido las moléculas gaseosas si son solubles producen una presión de 1 atmósfera. A esta presión que la presión osmótica nos representa un estado particular de agitación de la materia al estado disuelto y podemos llegar a la concepción de un estado cinético de las moléculas líquidas análogo al estado cinético de las moléculas gaseosas.

En efecto: si tomamos una molécula de alcohol etílico y la disolvemos en agua, cloroformo, etc., su energía cinética es la misma que al estado gaseoso, la presión osmótica que desarrolla en un espacio V ocupado ya por un líquido, es la

misma que la presión gaseosa que desenvolvería en este espacio V, vacío o ocupado por un gas. Si el líquido disolvente es de la misma especie que las moléculas disueltas o si las moléculas de alcohol etílico estudiadas están en presencia de alcohol etílico considerado como disolvente la ley permanece verdadera y conduce al postulado que a una misma temperatura todas las moléculas de todos los fluidos, líquidos o gases, tienen la misma energía cinética media proporcional a la temperatura absoluta.

Se admite que los líquidos tienen velocidades moleculares específicas al igual que los gases, pero con un número de choques por segundo mil veces mayor y con un libre recorrido medio mil veces más pequeño. Esta hipótesis presenta algunas dificultades de concepción: las leyes relativas a la presión osmótica son verdaderas para las moléculas disueltas en el caso de grandes diluciones como las leyes relativas a la presión gaseosa son verdaderas en el caso de débiles presiones.

Cuando se trata de grandes concentraciones en las soluciones o cuando se trata de presiones cerca del punto de licuación de los gases las leyes fallan.

Se puede sentar que cuando se llega a la concentración infinita es decir al soluble puro al estado líquido se debe poner en duda el valor sacado de las soluciones extendidas.

La proposición anterior pierde importancia si consideramos que en una molécula disuelta a una temperatura dada no es admisible que pierda su energía por la presencia de otras moléculas disueltas en el caso de aumento de concentración.

Por el hecho de esta concentración únicamente las manifestaciones exteriores de esta categoría podrán ser disminuidas; la presión osmótica crecerá con menos rapidez que el número de moléculas disueltas en un mismo espacio.

Se podrá decir que al estado de concentración "infinie" en la cual el disolvente desaparece y en la cual el soluble ocupa todo el espacio, es decir cuando se trata de un líquido puro, tendrá que existir una parte de manifestación exterior de esta agitación molecular, debe existir una *tensión líquida*.

La existencia de la tensión líquida se demostraría por la

ósmosis del agua practicada por Lipmann a través de tabiques de baudruche, gelatina, etc., con agua a diferentes temperaturas y por las experiencias de Aubert que tiene en cuenta la naturaleza de las membranas.

Las consideraciones enumeradas nos permiten creer que la energía cinemática molecular es la misma para una misma temperatura dada o que cuando la masa de una molécula es mayor que la de otra molécula, la velocidad es menor de manera tal que el producto mv^2 es constante.

La tensión osmótica está ligada a la energía cinética molecular, de donde resulta que es, únicamente, una función del número de moléculas disueltas por unidad de volumen a una temperatura dada.

Esta ley parece que es seguida por las moléculas grandes de 50, 100, 150 átomos y se tenía dudas si sería exacta en las asociaciones moleculares, granos coloidales y granos en suspensión.

Perrin llegó a demostrar que hay una relación numérica entre los movimientos brownianos y las constantes moleculares; partiendo de esos movimientos brownianos halló una medida de la constante de Avogadro en concordancia con los resultados hallados por otros medios.

Toda partícula animada de movimientos brownianos sigue trayectorias muy variadas. La longitud de estas trayectorias tienen velocidades diversas, Es pues, imposible determinar los caminos recorridos y las velocidades en el momento considerado. Perrin procede de distinta manera.

Establece que los granos de una pseudo - solución coloidal se reparten de arriba a abajo siguiendo las mismas leyes que las moléculas gaseosas del aire atmosférico, por ejemplo, en un vaso cilíndrico de gran altura lleno de un líquido que tenga en suspensión granos coloidales, o en general granos no solubles, el número de granos por unidad de volumen será tanto más grande cuanto más se aproxime a la extremidad inferior y la ley de rarefacción cuando se eleva es la misma que la que liga a la altura con la presión barométrica.

La concentración de los granos decrece de una manera uniforme en función de la altura.

Perrin ha llegado a una fórmula en la cual la energía ciné-

tica granular puede ser expresada en función 1.° del volumen de los granos, 2.° de la diferencia de densidad de este grano y del líquido que lo rodea 3.° en relación entre el número de granos de dos capas separadas por una altura h, 4.° esta altura h y 5.° de la intensidad de la gravedad.

Se valió en sus experiencias de una emulsión de goma gutta y mastic cuyos granos esféricos tienen casi el mismo volumen después de una centrifugación fraccionada.

El radio de estos granos calculado por tres procedimientos diferentes ha sido avaluado de ou212 a oy213 término medio.

La repartición de los granos medida en capas distantes de 30y varía según la misma ley exponencial que la de un gas pesado en equilibrio. Se encuentran, por ejemplo 100 granos, luego 46, después 23,11 a 12 para las capas situadas a alturas de 5y 35y, 65y y 95y.

El valor w energía cinética de los granos en suspensión fué hallado constante en todas las experiencias.

Recordando que la fórmula aplicable a los gases y a las moléculas disueltas 2|3 Nw es igual a RT la constante de Avogadro puede salir de la fórmula N 2|3 RT|w suponiendo que w sea la misma para los granos coloidales y para las moléculas invisibles.

Aplicando pura y simplemente esta fórmula se llega a un número N que varía de 65×10^{22} a 75×10^{22} número muy cercano al que se logra por otros procedimientos.

Así que Perrin observando la ley de repartición de los granos en suspensión en un líquido sobre una altura de 100 y apenas, ha llegado a demostrar que esta ley de repartición es la misma que la de los gases: que es debida como en aquéllos, a la energía cinética molecular en equilibrio con la gravedad y que esta energía cinética es constante para la molécula.

En resumen se ha llegado a que las moléculas gaseosas o disueltas poseen movimientos rápidos y que el producto de su masa por el cuadrado de su velocidad o energía cinética es una constante molecular para una temperatura dada. Esos movimientos no pueden ser vistos por el ojo humano pero son revelados por las tensiones gaseosa y osmótica.

En las gruesas partículas coloidales o partículas en sus-

pensión la energía cinética es la misma pero como la masa es infinitamente mayor la velocidad es infinitamente más pequeña.

Las partículas coloidales son visibles, las velocidades son perceptibles al ojo y constituyen los movimientos brownianos.

El estudio de los movimientos brownianos ha llegado a interesar a los físicos para la determinación de la constante de Avogadro.

Lord Rayleigh obtiene el valor N del estudio de la difracción producida sobre la luz solar por las moléculas de aire, difracción de la cual resulta el azul del cielo; comparando el brillo del sol y el del cielo en una dirección determinada y aplicando los datos de la teoría elástica de la luz ha podido establecr, Lord Rayleigh, una fórmula en la cual figura N y de la cual se puede sacar el valor absoluto de ese número.

J. J. Thomson deduce el valor de la constante de Avogadro estudiando al fenómeno de la condensación del vapor de agua alrededor de los iones gaseosos midiendo la carga eléctrica de cada ion y determinando su número.

Rutherford, estudiando a los rayos a) del radium constituidos por proyectiles materiales cargados positivamente, ha determinado el valor N partiendo de la medida de las cargas eléctricas.

Cuando se dosa al Helio producido por la transformación del radio, en determinadas condiciones, se llega al peso del átomo - gramo de helio dando a N un valor conforme con el obtenido por otros procedimientos.

Masa y magnitud de la molécula. — Conocido el número de moléculas N que figuran en una molécula -gramo es fácil deducir las demás magnitudes moleculares.

Peso molecular absoluto. El peso absoluto de la molécula es el cociente del peso molecular relativo afectado del término gramo, dividido por N.

Así el peso de una molécula de agua es:

$$\frac{18 \text{ gramos}}{70.10^{22}} = 25 \text{ gr. } 7.10^{-24}$$

o sea la trillonésima parte de un gramo.

Diámetro molecular. — Si 70.10^{22} moléculas gaseosas ocupan un volumen de 22 1 4 a 0° y presión 1 atmósfera, cada molécula supuesta inmóvil llenará una fracción de espacio cuyo diámetro será aproximadamente 40.10^{-8} centímetros o sea 4 uu. Teniendo en cuenta el libre recorrido medio de la molécula Maxwell y Clausius llegan al diámetro molecular por una fórmula en que establecen que la viscosidad es función de la densidad absoluta de los gases, de la velocidad media de la molécula y del libre recorrido medio.

La Teoría Electrónica

Así como la constitución de la materia sería granulosa también lo será la constitución de la electricidad ya que una serie de hechos llevan a dar fundamento a esa concepción.

En los fenómenos electroestáticos las cargas eléctricas constituídas por unidades elementales se atraen: la corriente eléctrica se asimila a un flujo de estas cargas desplazadas a través del conductor con grandes velocidades: en la disolución de sales ácidos y bases y en la electrolisis se ha supuesto la existencia de una molécula material que se disocia y que tendría un origen igual al de una carga eléctrica, la misma para cada átomo monovalente cual la carga unidad como si tuviera idéntica afinidad química.

La unidad de electricidad es más accesible que la unidad de materia Helmholtz y Maxwell la concibieron y Stoney propuso llamarla electrón.

El concepto del electrón nos lleva a una idea más clara de la noción de cantidad eléctrica, de fuerza electromotriz y de potencial eléctrico.

Así, si suponemos una masa dada, un kilogramo por ejemplo de un sólido le concebiremos, inmóvil, animado de cierta velocidad o desplazándose en sentido contrario a un camino recorrido como cuando le hemos dejado caer de cierta altura.

En el primer caso no le supondremos animado de energía,

en el segundo la vemos manifiesta y la medimos por el producto de su masa por el cuadrado de la velocidad y en el tercero llegamos a la convicción de una energía potencial.

Si consideramos al coulombio eléctrico que como en el caso del sólido constituído por un conjunto de átomos estará formado por un conjunto de electrones, si le movilizamos llegaremos a una fuerza que es la fuerza electromotriz y un coulombio movido por un voltio o sea la unidad de fuerza electromotriz es capaz de darnos un trabajo de un joule o julio.

Si consideramos a los electrones como centros eléctricos que se rechazan los unos a los otros nos explicaremos más fácilmente la repartición de la electricidad en los cuerpos que las contienen que actuarían como continentes de manera que sus cargas siempre tenderían hacia la superficie: repulsándose estos electrones manifiestan una fuerza exterior y de ello fluirían un nuevo concepto de fuerza electromotriz definida por la resultante media de esa fuerza y de potencial electroestático definido por la carga. Así la noción de capacidad eléctrica sería simplemente la relación de la carga a la tensión.

En una esfera de radio infinito o sea de capacidad infinita si colocamos a una carga eléctrica su tensión será nula; pero si en vez colocamos a una carga determinada en una esfera de radio determinado de más en más pequeño será necesario un trabajo para llevar a los electrones hasta el encuentro del radio de acción de sus fuerzas repulsivas; este trabajo será la energía almacenada por la carga y si esta carga es igual a la unidad, el trabajo representará al potencial que esta carga ha tomado para el radio considerado o sea el potencial definido tal cual lo definió Green.

El electrón es una unidad de carga negativa comprobada por su desviación en campo magnético o campo eléctrico.

En la teoría electrónica que es para la elctricidad lo que la teoría atómica para la química tiene una explicación nueva la corriente eléctrica comparada con la conductibilidad metálica y nos da, también nueva idea de la estructura de los metales.

Simplificada la teoría electrónica para este caso puede enunciarse así: todo metal encierra electrones al estado libre y estos electrones son debidos a la disociación temporaria de algunos átomos: el átomo desprovisto de uno de sus electrones se ha convertido en un ion de carga positiva: el ion libre presenta movimientos análogos a los de los gases en la teoría cinética y al encontrar a un ion se recombina con él: de manera que cada átomo en el espacio de un segundo sufre disociaciones y recombinaciones independientes de toda influencia exterior.

Con esta teoría se explicaría la agitación continua de los electrones en el metal sin que salgan al exterior: todo metal estaría formado por átomos neutros es decir, por iones positivos e iones negativos en igual número: de manera que si estos quisieran escapar chocarían con las acciones electroestáticas que se lo impedirían porque al nivel de la superficie se formaría una doble capa de iones positivos e iones negativos, éstos ocuparían el lado exterior.

Cuando observamos a un metal incandescente en el vacío comprobamos que deja libres iones que comunican descargas negativas al ambiente en tanto que el metal toma el signo positivo, como en las lámparas de filamento, esta observación parecería comprobar a la teoría electrónica de los metales.

Si en las extremidades de un conductor metálico se establece una diferencia de potencial el campo eléctrico se moverá en una dirección determinada por los electrones libres que crearán la corriente eléctrica.

En la teoría electrónica rige la misma ley para las partículas eléctricas y electrones libres que en la teoría cinética rige a los gases, a una temperatura absoluta dada, la energía cinética de las partículas es la misma y el producto $m\frac{2}{\ }$ es una constante. Así la constante de energía molécula igual $\frac{1}{2}$ $\frac{mv^2}{T}$ sería igual a los electrones que a los átomos.

El más pequeño de los átomos conocido es el del H, al electrón se le asigna una masa 2.000 veces menor y si la velocidad media de la molécula de H es de 1,840 metros por segundo a la temperatura de 0° C. la del electrón en iguales condiciones será cercana a 115 kilómetros.

La teoría electrónica explica la conductilidad eléctrica de la misma manera que la conductilidad térmica.

Por el cálculo se llega a demostrar que el efecto del campo eléctrico es superponer a la velocidad de agitación en todo sentido una velocidad de traslación paralela al campo de manera que los electrones que se mueven según las líneas de fuerza sufren retardo, si el sentido de las líneas de fuerza se dirige del polo positivo hacia el polo negativo y si la carga del electrón es negativa, cosa que ocurre a la inversa con los electrones que se mueven en sentido contrario que sufren aceleración: cada movimiento oblicuo sobre esa dirección se va a descomponer de manera que resultará un transporte de electricidad negativa en sentido inverso al campo y el movimiento general tendrá una velocidad proporcional a la intensidad del campo y a la duración del libre recorrido medio del electrón: libre recorrido que ha de ser muy débil dado el choque de iones y átomos metálicos.

El libre recorrido medio no varía, sensiblemente, con las variaciones del campo y su duración varía en razón inversa de la velocidad media de agitación del electrón, si bien la velocidad de translación varía proporcionalmente a la intensidad del campo electromotor y de una manera inversamente proporcional a la velocidad de agitación propia que es una función de la temperatura.

De lo expuesto se desprende que la intensidad de la corriente debe ser proporcional al número de electrones libres por unidad de volumen del metal y a la velocidad de translación en la dirección del campo eléctrico.

El número de electrones libres varía según el metal y ese número define al coeficiente de conductibilidad, de aquí que la intensidad de la corriente varíe en razón directa de la conductibilidad o en razón inversa de la resistibilidad del metal.

La intensidad varía en función de la diferencia de potencial porque la velocidad de traslación en la dirección del campo es función de la intensidad del campo y función inversa de la velocidad propia de agitación y así en general la resistencia de los metales variará con la temperatura.

La teoría electrónica explica a la conductubilidad térmica por los movimientos de los electrones libres trasmitidos por choques sucesivos así es proporcional a la velocidad media de los electrones a su libre recorrido y a su número por unidad de volumen.

Wiedemann y Franz han formulado una ley que dice: que la relación de la conductibilidad térmica a la conductibildad eléctrica está en función de la temperatura absoluta.

De la consideración de la teoría electrónica fluye que los metales más conductores del calor son también los mejores conductores de la electricidad.

La velocidad de traslación de los electrones en los metales se puede calcular teniendo en cuenta su carga, su masa y su velocidad así como la acción de un campo magnético ya que esa acción modifica el régimen de agitación electrónica y que su desplazamiento sufre cambios bajo la acción de la corriente eléctrica (F E M).

Se ha llegado a practicar experiencias con el bismuto que han permitido llegar a relaciones numéricas.

La resistencia del bismuto aumenta en un campo magnético transversal.

El valor absoluto de la velocidad de translación o sea del desplazamiento total de los electrones para un campo eléctrico de una unidad C. G. S. es 0 cm. 00007 por segundo o sea 0 μ 7 por segundo (micron).

Siendo la conductibilidad Y del bismuto 0.0000075 C. G.S. la carga del electrón e 1, 13 $\times$ 10^{20} C.G.S. y su veloidad de translación v bajo la acción de un campo eléctrico de una unidad 0 μ 7 se puede llegar a determinar el número n de electrones por centímetro cúbico de metal $\gamma = n\ e\ v$.

El número de electrones libres es de 10^{19} por centímetro cúbico o sea 10 trillones de grupos de un trillón cada uno.

La teoría cinética asigna a los gases alrededor de 70 $\times$ 10^{22} moléculas por 22 lts 4 de gas o sea tres a cuatro $\times$ 10^{19} por centímetro cúbico cifras que son de la misma magnitud y si por otra parte consideramos que un centímetro cúbico de bismuto tiene 10^{19} electrones libres como la carga del

electrón está evaluada 1, 13 $\times 10^{20}$ C.G.S. la carga de electricidad negativa libre por centímetro cúbico debe ser cercana a 1|10 C.G.S. o sea un coulombio, lo que vale decir que un centímetro cúbico de bismuto contiene un coulombio de electrones libres y la misma carga sobre los iones correspondientes.

Esta movilidad de los electrones del bismuto por la acción de un campo eléctrico de una unidad lo que da una velocidad del orden del milésimo de milímetro expresa que una corriente de 100 amperios circulando por un hilo de bismuto de un centímetro cuadrado de sección daría una velocidad de electrones que no pasaría de un metro por segundo lo que parecería contradictorio ya que toda perturbación eléctrica se transmite con una velocidad igual a la de la luz.

También parecería contradictorio la carga total de los electrones libres que es elevada en relación a la pequeñez de la capacidad electroestática de los cuerpos.

En ambos casos se llega a probar que esas contradicciones sólo son aparentes. La ley de Joule tiene una explicación clara y racional en la teoría electrónica, sería una mutación de energía por la convección en masa de los electrones que provocarían choques contra los átomos fijos y resultando con ello una aceleración de movimientos de agitación propia.

La ley de Joule expresada en joules es $J = I^2 R T$.

Para saber el número de pequeñas calorías que corresponden se multiplica por 0.24.

Un amperio durante un segundo a traves de un ohmio desprende una energía térmica de un joule.

El ohmio puede definirse como la resistencia eléctrica de un conductor en el cual un amperio en un segundo desprende una energía de un joule o en el cual un coulombio por un volt desprende un joule.

El principio de Carnot, Clausius, equivalencia de energías mecánica y térmica; el efecto de Peltier, relativo al calor en conductores diferentes, el efecto de Seebeck en las pilas termo-eléctricas y el efecto de Thomson en los conductores homogeneos a distinta temperatura tienen explicación precisa en la teoría electrónica.

La producción de corriente en las pilas halla en la teoría de los electrones una explicación precisa.

Nernst emitió la hipótesis de que los metales en presencia de un líquido emiten partículas de cargas positivas quedando el metal cargado negativamente, es decir que serían los iones fijos que se difundirían en el líquido mientras que los electrones quedarían dentro de los límites del metal y que la migración de los iones tendrá su límite en las fuerzas electroestáticas que se ejercen entre el metal negativo y los iones solubles positivos.

Para mejor comprensión supongamos un metal como el Zn y un líquido electrolítico como el SO^4 H^2 en la pila.

En la superficie de contacto tendremos iones metálicos electropositivos de Zn, poco movibles y dotados de afinidad química y en el líquido iones electropositivos de H y electronegativos ácidos con tendencia a combinarse con los iones Zn. de la superficie.

Cuando la combinación se ha realizado quedará un residuo de electrones libres en el Zn y de iones H en el líquido.

Si reunimos al Zn y al líquido exteriormente por un hilo conductor el excedente de iones pasa el hilo mientras que a el nivel del electrodo positivo no atacado el excedente de iones libres servirá para hacer pasar a los iones H del estado de iones al estado de moléculas o hacerlos entrar en combinación cual la reducción.

De manera que dentro de ciertos límites de concentración la fuerza electromotriz es una función de números relativos de iones de Zn fijos al electrodo en presencia por unidad de superficie y como el número de iones Zn no varía cuando varía la concentración del líquido la fuerza electromotriz, entre esos límites, sólo depende de la concentración y por lo tanto está ligada a la tensión osmótica.

Para explicar la electrización por frotamiento la teoría electrónica encuentra facilidades en la densidad electrónica de los cuerpos que se frotan como en el caso de la resina contra el paño o dos cuerpos heterogéneos en los cuales habría cambios por adición o sustración de electrones pero no puede recurrir a la misma causa cuando se frotan

entre sí a dos láminas de vidrio, una de superficie lisa y otra de superficie rugosa que se carga negativamente y por ello para llegar a una explicación satisfactoria ha sido necesario pensar en la extructura atómica de la materia de la cual Lord Kelvin ha emitido una hipótesis contestada por Llorentz y Larmor.

Lord Kelvin supone esférico al átomo y como formado por corpúsculos negativos de repartición uniforme dentro de su recinto; estos electrones se repelían pero serían atraídos hacia el centro por la electricidad positiva uniformemente repartida en toda la extensión de la esfera y existiría, entonces, un equilibrio de fuerzas.

Lorentz y Larmor creen en un centro positivo alrededor del cual evolucionarían los electrones.

Thomson enuncia leyes de repartición, fuera de un plano de los corpúsculos sujetos a esas fuerzas atractivas y repulsivas llegando a la conclusión de que cuando se llega a la existencia de 5 corpúsculos en presencia de estos se disponen formando un anillo estable, si hay más de 5 corpúsculos la estabilidad subsistirá siempre que haya electrones en el interior del anillo que son los que dan la estabilidad puesto que cuanto mayor sea su número mayor será ella.

Thomson ha establecido características numéricas de estos estados estables para grados de complexibidad de más en más grande llegando a que la repartición de electrones en cualquier volumen geométrico puede ser variable y que la estabilidad puede corresponder a estados diferentes de equilibrio.

Resulta un tanto difícil concebir una distribución igual de electricidad positiva en todo el espacio ocupado por los electrones como resulta difícil pasar de un anillo plano a una esfera pero se puede aceptar que la estabilidad puede depender de la disposición y número de electrones.

El estudio de la tabla de Mendeleieff nos llevarían a este último postulado.

Thomson para explicar el pasaje del anillo plano a la esfera ha tenido que recurrir a un número factor de la velocidad de rotación llegando a que cuando dos átomos penetran recí-

procamente en su esfera de electricidad positiva si el uno es más voluminoso que el otro todo electrón que se encuentre en la región común sufrirá una atracción del lado de la pequeña esfera y si separamos bruscamente a los átomos el electrón puede ser arrancado del mayor para pasar al más pequeño.

Esto explicará el caso de la electrización del vidrio.

Para la teoría electrónica la electricidad está formada por un excedente o por un déficit de electrones lo que permitirá comprender la diferencia de magnitud de las unidades electrodinámicas y de las electromagnéticas y como se llega a conseguir estáticamente altas tensiones y dinámicamente grandes gastos.

Se presentan en la teoría electrónica ciertas dificultades sobre la naturaleza de la electricidad positiva y sobre las relaciones del electrón con el eter que lo rodea.

En el medio eter el electrón se presenta de dos maneras; en su relación de inducción electroestática y electromagnética y en su relación como energía radiante.

Si consideramos al electrón como esférico estableciendo una relación de su masa y de su carga podemos llegar a su radio de activdad, radio que aproximadamente es de dos millonésimos de $\mu\mu$ mientras que para el átomo el mismo valor es de la magnitud del décimo de $\mu\mu$.

La dificultad manifiesta está al considerar un radio tan pequeño en relación a la carga tan grande del electrón que ya sabemos es de $1.55.10^{-20}$ U E M, pues admitiendo que esa carga del electrón esté formada por elementos que se repelen los unos a los otros llegaríamos a la conclusión de que para concentrar $1.55.10^{-20}$ U E M en una esfera cuyo radio es de la magnitud del millonésimo del micrón sería preciso una fuerza de 5.10^{22} toneladas centímetro cuadrado.

Esta dificultad se desvanece al considerar que el electrón es una unidad real indivisible y si sus acciones repulsivas entre ellos se explican por sus relaciones con el medio en que actúan y no por sus fuerzas inherentes a su propia sustancia.

La teoría electrónica presta apoyo a la teoría de Ampére sobre el magnetismo. Los trabajos de Curie llegan a establecer que las propiedades magnéticas de los cuerpos son debidas a los

movimientos de los electrones intra - atómicos después de estudiar las propiedades magnéticas de los cuerpos a diversas temperaturas.

Langerin atribuye el diamagnétimo a una propiedad atómica general de la materia cuya causa residiría en la influencia del campo magnético exterior sobre las desviaciones del electrón en el átomo y explicaría el paramagnétimo suponiendo que cada átomo encierra un gran número de electrones gravitando alrededor de su centro, cada electrón por su carga origina un campo magnético y su órbita como una bobina plana presenta un momento magnético.

La combinación de momento magnético de los electrones del átomo puede dar una resultante a cero o sea que cada átomo o molécula puede tener un momento magnético global en cuyo caso es que ha adquirido un campo magnético lo que originará el paramagnetismo y cuando la simetría de las órbitas electrónicas en el átomo da una resultante igual a cero el campo magnético exterior no tendrá acción alguna sobre la orientación molecular y su sola acción será la de influenciar a las órbitas de electrones produciéndose, entonces, el diamagnetismo.

Así el paramagnetismo es un momento atómico o molecular resultante de momentos elementales.

Weiss estudiando a los momentos magnéticos atómicos de gran número de cuerpos ferro y paramagnéticos observó que si el mismo átomo no posee un momento magnético único, los valores de los diversos momentos guardan entre ellos relaciones racionales y se puede determinar un parte alicuota común.

Comparando a estos submúltiplos de momentos magnéticos de metales diferentes se comprueba que están representados por el, mismo número que es el submúltiplo común a todos los átomos y llama magnetón - gramo a la parte alicuota común a los movimientos magnéticos de los átomos gramos y dividiendo esta cantidad por la constante de Avogadro 68.5×10^{22} se llega al momento magnético del imán elemental o magnetón.

La teoría de los electrones es una de las conquistas más

grandes de la electrología ya que todos sus fenómenos llevan una ligazón de la que antes carecían convergiendo a una sola noción a la del electrón.

En electroestática se establece por sus leyes que las cargas de un conductor aislado están constituidas por unidades o gramos de electricidad que se repelen los unos a los otros.

En electro - dinámica todo conductor que es asiento de una corriente crea a su alrededor un estado especial del medio ambiente el campo magnético y el desplazamiento de electricidad no podrá tener lugar sino cuando su flujo magnético nazca alrededor del conductor para propagarse en el medio ambiente. Las cargas electroestáticas y sus efectos magnéticos son en su concepción actual, producto del electrón.

Las magnitudes eléctricas medidas con arreglo al sistema C G S pueden practicarse ateniéndose a los fenómenos electroestáticos o ateniéndose a los fenómenos electromagnéticos y los símbolos empleados en cada magnitud llegan a diferir en los dos sistemas por un exponente o factor que es la velocidad y las unidades que los miden difieren entre sí por un coeficiente numérico de 30.000.000.000 que es la velocidad de la luz en el vacío en centímetros por segundo, razón que condujo a Maxwell a su teoría electromagnética de la luz.

CONCEPTOS PRÁCTICOS DE ELECTRICIDAD

Llámase electrología a la parte de la Física que se ocupa de los fenómenos producidos por la electricidad.

La electricidad no es, como se supuso durante largo tiempo, un flúido particular dotado de una existencia personal independiente de los diversos agentes físicos.

La electricidad es una de las manifestaciones de la energía que se traduce a nuestros sentidos por acciones mecánicas, térmicas, lumínicas, químicas, etc., y cuyas características pueden reasumirse diciendo:

1.° Que la electricidad posee una rapidez extraordinaria de propagación, próximamente unos 300.000 kilómetros

por segundo que es la velocidad de propagación de la luz.

2.º Que la electricidad no se pone en movimiento mientras haya interrupciones en su camino que le impidan volver a su punto de partida.

3.º Que la electricidad es invisible.

Y 4.º Que la electricidad afecta a nuestro sistema nervioso pudiendo llegar a producir la muerte.

La electricidad es una forma de la energía que se caracteriza por la atracción o repulsión de los cuerpos ligeros, etc.

Este fenómeno notado unos seiscientos años antes de la era cristiana, en el ámbar amarillo y más tarde a fines del siglo XVI fué observado en otras muchas sustancias, como las resinas, el vidrio, el azufre, etc.

Las manifestaciones de la electricidad varían según se encuentre acumulada en los cuerpos o según se propague de unos a otros por cuya razón el estudio de la electrología se ha dividido en dos partes: la que estudia los fenómenos producidos por la electricidad en equilibrio o acumulada en los cuerpos conductores llamada *electrostática* y la que trata de las acciones producidas por la electricidad en movimiento denominada *electrocinética o electricidad dinámica*.

Distinción

Para estudiar las atracciones y repulsiones eléctricas se emplea, corrientemente, un péndulo formado por un hilo de seda suspendido de un soporte y en cuyo extremo contrario lleva una esferilla de médula de sauco.

Frotando una barra de lacre y aproximándola al péndulo expresado, la esfera de médula de sauco, es atraída primero y repelida después cuando por la acción de contacto se carga de la misma electricidad del lacre. Si aproximáramos una barra de vidrio la esfera será atraída presentándose los mismos fenómenos aunque invirtiendo los términos, si el péndulo en un principio se ha cargado con la barra de vidrio. De esta observación se deduce que puestas en presencia una de otra las electricidades del vidrio y del lacre, ocasionan repulsiones si proceden de un mismo cuerpo y atrac-

ciones si proceden de cuerpos distintos. Con dos péndulos eléctricos puede, con facilidad, comprobarse lo mismo: si ambos están cargados con la electricidad del vidrio. se repelerán cuando se les aproxima sucediendo lo mismo si se les carga con el lacre frotado pero si uno de ellos está cargado con la electricidad del lacre y el otro con la del vidrio al acercarlo se produce atracción.

Permiten estas observaciones enunciar que *cuerpos cargados con electricidades iguales se repelen y con electricidades contrarias se atraen.*

Cuerpos conductores y cuerpos aisladores

Algunos cuerpos dejan pasar con facilidad a la electricidad a través de su masa por lo cual se les llama buenos *conductores;* otros no la dejan pasar y se les dice *malos conductores;* o también *aisladores.*

Se les ha dado el nombre de aisladores porque se utilizan para impedir la comunicación con la tierra de los buenos conductores cuando se quiere que estos permanezcan electrizados.

Todo cuerpo buen conductor electrizado, en comunicación con la tierra trasmite a ésta su electricidad por cuya razón se designa a la tierra con la denominación *de depósito común.*

No puede considerarse a la conductibilidad de los cuerpos como una propiedad absoluta porque no existe ninguno que sea conductor o aislador perfecto.

Son cuerpos conductores los metales, plata, cobre, platino, hierro, plomo; el carbón calcinado, los ácidos, las sales en disolución, el agua, los vegetales, los animales.

Son cuerpos aisladores, el caucho, la porcelana, la madera seca, el aire y los gases secos, la seda, el vidrio, las resinas, la goma laca, el algodón pólvora, la parafina.

Como la parafina presenta la desventaja de ser algo plástica se le emplea mezclada con azufre pulverizado que le comunica mayor consistencia.

Los cuerpos conductores pueden electrizarse por medio del frotamiento siempre que estén aislados.

Cuando se hace oscilar, en la oscuridad, a la columna de mercurio en la cámara barométrica se observa una tenue fosforescencia que tiene por causa a la electricidad desarrollada por la frotación del mercurio con las paredes del tubo.

Un globo de vidrio en el cual se haya practicado el vacío, se electriza por efecto del frotamiento de las partículas de polvo que pueda llevar en suspensión un gas que se dejara entrar abriendo la llave que le pone en comunicación con el exterior.

Wensendonck, confirmando las ideas de Faraday, ha demostrado que los gases secos y puros aunque estén comprimidos, no desarrollan electricidad por su frotamiento con los metales, atribuyéndose, entonces, la electrización a las partículas sólidas o a las gotas de vapor condensado.

No desarrollan, tampoco, electricidad por frotamiento o roce, los vapores cuando no llevan interpuestas partículas líquidas.

Distinción de electricidades

Si tomamos dos discos, uno de vidrio, y otro de metal, aislados y recubiertos con un paño, y los restregamos entre sí, podemos observar que cualquiera de ellos atrae al péndulo eléctrico — y que una vez electrizada la esferilla de sauco el uno la atrae cuando el otro la repele.

Esta observación nos induce a enunciar que el *cuerpo frotado tiene una electricidad y el frotante presenta la contraria* y que la fuerza eléctrica desplegada por cada una es de intensidad idéntica, puesto que, colocados ambos discos a igual distancia del péndulo, permanecerá éste en equilibrio.

Midiendo la cantidad de electricidad por la energía mecánica que produce, cualquiera que sea su naturaleza, podríamos representar la del disco de vidrio por $+ a$ y la del paño por $— a$ supuesto que combinadas, al reunirse los dos discos $(+a) + (-a) = 0$, es decir que producen el equilibrio eléctrico.

Por alusión a este simbolismo algebraico se denomina *positiva* a la electricidad *vitrea* y *negativa* a la *resinosa.*

No es caracter esencial de los cuerpos electrizarse en uno o en otro sentido; por ejemplo, el paño que adquiere electricidad negativa por frotaciones con el vidrio, adquiere la positiva se se frota contra la resina.

La *especie* o *signo* de electricidad varía con el estado de la superficie de los cuerpos; una barra de vidrio esmerilada solamente hasta su mitad, al ser frotada con un paño adquiere electricidad positiva en la parte lustrosa y electricidad negativa en la parte deslustrada.

También puede referirse a una modificación superifcial: al color de los cuerpos; frotando dos cintas de seda una blanca y otra negra o roja, adquiere la primera electricidad positiva y las otras dos negativa.

La temperatura determina, principalmente, la especie de electricidad, resultando cargado negativamente el cuerpo que más se calienta, así, si frotamos dos cintas de seda blanca puestas en cruz, de manera que una quede fija y la otra se deslice sobre la primera en un mismo punto, se calentará más la fija adquiriendo la electricidad negativa.

Primeros fenómenos de influencia

La electricidad se desarrolla en los conductores aislados, no sólo por la acción del frotamiento o por su contacto metálico, con otros cargados previamente, sino también por el medio llamado de influencia, que consistiría simplemente en acercar a un conductor, otro cargado de electricidad, pero sin que lleguen a tocarse; poniendo uno de los conductores en comunicación con el suelo durante un corto tiempo y separando el cuerpo electrizado, queda aquel cargado de electricidad contraria a la de éste.

El cuerpo que estaba cargado previamente se llama *inductor* y el que se carga bajo su influencia *inducido.*

Teoría Symmer

Basándose en las observaciones del académico francés Du Fay, Symmer propuso su teoría.

La teoría de Symmer explica los fenómenos eléctricos admitiendo dos *flúidos* muy tenues, el uno *positivo* o *vitreo* y el otro *negativo* o *resinoso* de propiedades antagónicas que se neutralizan al combinarse.

Estos flúidos actuarían por repulsión sobre sí mismos y por atracción en relación uno con el otro.

Los dos flúidos existirían combinados, en todos los cuerpos al estado neutro formando lo que se llama *estado natural.*

Diferentes agentes: contacto, frotamiento, acciones químicas, etc., podrían destruir la combinación dando origen a los fenómenos eléctricos.

Teoría Franklin

Aepinus, a mediados del siglo XVIII y luego Franklin propusieron su teoría sobre los fenómenos eléctricos admitiendo la existencia de un solo flúido imponderable que actuaría por repulsión sobre sus propias moléculas y por atracción sobre las de la materia.

Todos los cuerpos al estado neutro contendrían una cantidad determinada de flúido.

Adicionados de una cantidad mayor de flúido, por una acción cualquiera, quedarían electrizados *positivamente.*

Sustrayéndoles una cantidad de flúido, en condiciones análogas, quedarían *electrizadas negativamente.*

Esta teoría o hipótesis tiene conformidad con las ideas modernas si el flúido Frankliniano se reduce al eter medio trasmisor de la luz y el calórico.

Indudablemente, el eter acumulado entre las moléculas de los cuerpos y todas las variaciones de energía que experimenten darán lugar a cambios en las atmósferas etéreas que rodean las moléculas, los cuales originan los fenómenos que ahora estudiamos.

Es cierto que al frotar los cuerpos hay una absorción de energía y que ésta no desaparece por completo, sino que en parte produce otra energía atractiva o repulsiva, suficiente para mover cuerpos ligeros.

Si el calor u otras formas de la energía engendran electricidad, guardan también la relación de equivalencia estas transformaciones; es decir, para una cierta cantidad de calor o de otra energía se produce una cantidad determinada de electricidad y viceversa.

He aquí todo lo que puede afirmarse como cierto sin que sea posible explicar con claridad y de una manera completa estos fenómenos, pues no nos es conocida la esencia o naturaleza íntima de la electricidad.

Teorías modernas

Para la explicación de los fenómenos eléctricos concedíase, al principio, importancia a los cuerpos buenos conductores a través de cuya masa se trasmite la electricidad y en cuya superficie queda retenida, produciendo efectos de tensión cuando están aislados.

Faraday llamó la atención hacia los cuerpos malos conductores o lo que es igual hacia la influencia del medio *dieléctrico* que tiene un rol importante en la trasmisión de la energía eléctrica.

Cualquier modificación que experimentara un conductor en su carga eléctrica se reflejaría en otro conductor colocado a distancia a la manera que las vibraciones de un cuerpo se transmiten en forma de ondas por el medio ambiente.

Estas perturbaciones durante la descarga eléctrica muchas veces originan verdaderas *ondas eléctricas* que se propagan no solamente a través del dieléctrico, medio ponderable, sino a través del éter, como las ondas luminosas, dado que su velocidad de propagación es comparable a la velocidad con que se transmiten la luz y el calórico. Con esto se comprueba la analogía entre estos tres órdenes de fenómenos que quedarían así, comprendidos en una sola teoría.

El Profesor de la Universidad de Lieja P. De Heen, expone una explicación clara de los fenómenos eléctricos basándose en la teoría de los iones y en la del éter lumínífero.

Por otra parte Hertz y otros han logrado experimentalmente confirmar las relaciones que existen y el origen común de donde proceden los fenómenos eléctricos y lumínicos.

Así pueden producirse focos eléctricos concentrando a las radiaciones violetas y ultravioletas sobre diferentes cuerpos metálicos y aisladores los que se cargarían positivamente o aumentarían su tensión si poseían ya esta especie de electricidad, así como disminuye la que tenían, al caer sobre ellas dichas radiaciones cual si fueran hilos conductores, cuando precisamente se les carga de electricidad negativa.

Hertz, ha demostrado, también, la existencia de ondas eléctricas o corrientes ondulatorias que se reflejan e interfieren como las ondas lumínicas.

Por su origen y propiedades queda establecido un nuevo consorcio entre las teorías eléctricas y luminosas, al observar los efectos producidos por las radiaciones diadíticas de Röntgen que son en un todo análogas a los efectos producidos por las radiaciones ultravioletas en la descarga de cuerpos electrizados.

Los matemáticos han utilizado la teoría del *potencial* ideada para explicar las leyes dependientes de la gravitación universal, en el estudio de los fenómenos eléctricos prescindiendo de la causa que los origina.

Leyes de las atracciones y repulsiones eléctricas (Leyes de Coulomb)

Las leyes de las atracciones y repulsiones eléctricas pueden ser representadas por la misma fórmula que las de la gravitación universal;

$$F = \frac{m\,m'}{\delta^2}$$

en la que F significa la fuerza, m y m' las cargas o cantidades de electricidad de los cuerpos y δ la distancia de los mismos.

De esta fórmula deducimos las dos leyes siguientes:

Primera o ley de las distancias: Las atracciones o repulsiones eléctricas están en razón inversa del cuadrado de las distancias.

Segundo o ley de las masas eléctricas: A distancia igual las atracciones y repulsiones eléctricas son proporcionales a las masas eléctricas.

Esta segunda ley puede, también, enunciarse así: las acciones eléctricas son directamente proporcionales a las cantidades de electricidad.

Experimentalmente se demuestra la veracidad de estas leyes por medio de la balanza de torsión de Coulomb.

Se debe tener en cuenta que las acciones, atracción y repulsión, ejercidas entre dos masas eléctricas dependen de la naturaleza del medio en el cual se hallan. Así habrá diferencias si se encuentran en el vacío, en el aire, etc.

Para generalizar la fórmula enunciada será necesario, enunciar también un coeficiente parásito o valor constante *K* dependiente del medio en que las masas actúan.

Puede entonces enunciarse la fórmula así:

$$F = K \frac{m\, m'}{\delta^2}$$

El valor *F* es positivo cuando las dos cargas se repelen, y negativo cuando una de las masas es positva y la otra negativa.

La constante *K* es proporcional al cuadrado de la velocidad de la luz en el medio aislador correspondiente.

MASA ELÉCTRICA

La electricidad tiene la propiedad de poder aumentar o disminuir a la vez que varían los efectos que produce, de aquí ha nacido la idea de *cantidad de electricidad* o *masa eléctrica,* expresión dada por las leyes de Coulomb y cuyo valor se deduce de la fórmula:

$$F = \frac{m\, m'}{\delta^2}$$

si en ella hacemos $m = m'$, tendremos:

$$F = \frac{m^2}{\delta^2}$$

de donde:

$$M = \sqrt{F \times \delta^2}$$

fórmula que define a la cantidad de electricidad o masa eléctrica cuya unidad se logra haciendo.

$$F = 1\ M \times = 1$$

lo que equivale a decir que la unidad de masa eléctrica es la que, actuando sobre otra masa igual, situada a la unidad de distancia (centímetro) la repele con la fuerza de una *dina*.

En la práctica se remplaza esta unidad por otra: el *culombo* (coulomb) que vale 3×10^9 de la anterior.

DISTRIBUCIÓN DE LA ELECTRICIDAD EN LOS CONDUCTORES

La electricidad en todo cuerpo conductor electrizado va a la superficie exterior.

La electricidad no se reparte uniformemente sobre la superficie sino cuando el cuerpo conductor es esférico.

En los cuerpos conductores de forma irregular la carga es mayor en los puntos en que la curvatura es mayor.

Si el cuerpo es de forma elipsoidal variará el espesor de la capa eléctrica en proporción de su distancia al centro, de manera que en los extremos de los ejes se hallará en razón directa de sus longitudes.

DENSIDAD ELÉCTRICA

Es la relación de la cantidad de electricidad Q a la superficie S cuando aquella está uniformemente repartida en esta.

$$D = \frac{Q}{S}$$

Cuando la carga no está uniformemente repartida la densidad en cada punto es el límite hacia el cual tiende la relación $\frac{Q}{S}$ cuando la porción S de superficie tomada alrededor tiende hacia cero.

Podemos, tambien, definir la densidad eléctrica diciendo que es la masa eléctrica contenida en la unidad de superficie, supuesta plana, de un conductor electrizado.

La *tensión eléctrica es la tendencia que tiene a escapar toda molécula eléctrica en sentido de la normal*, porque tangencialmente, la electricidad, no tiene obstáculo para distribuirse por la superficie de un conductor.

La tensión eléctrica en un punto de la superficie de un conductor electrizado, es proporcional al cuadrado de la densidad eléctrica.

Es posible formarse una idea del valor de la tensión considerando la superficie de un conductor electrizado, dividida en dos porciones, una muy limitada alrededor del lugar considerado donde se ejercita la presión y cuya carga sería $s\delta$ y otra con la carga restante S distribuída en toda la superficie, que equilibra a la primera.

Podría demostrarse matemáticamente que la acción de S sobre la unidad de electricidad situada en el centro de s es $2\pi\delta$ y por lo tanto la acción de la misma sobre toda la masa $s\delta$ entonces la tensión eléctrica será igual a

$$2\pi\delta \times s\delta = 2\pi s\delta^2$$

y por lo tanto proporcional al cuadrado de la densidad.

La tensión está contrabalanceada por la resistencia del

cuerpo aislador que rodea al conductor y por la resistencia del aire.

El nombre *presión electrostática* se aplica a la oposición que ejerce, al parecer, el aire como cuerpo mal conductor, a la expansión de la capa eléctrica superficial hacia el exterior y es proporcional al cuadrado de la densidad e independiente del signo de la carga.

Así la presión electrostática representa un concepto análogo al de la tensión.

PÉRDIDAS DE ELECTRICIDAD

La electricidad se escapa por las puntas, por los soportes mal aislados y por el aire ambiente cuando está húmedo.

La pérdida de electricidad ocasionada por el aire está regida por la siguiente ley debida a Coulomb: *la disminución de la fuerza repulsiva durante un minuto es proporcional a la fuerza repulsiva total.*

Se admite corrientemente que pueden influir en la pérdida de electricidad las circunstancias siguientes:

1.° La pérdida es independiente de la especie de electricidad, de la naturaleza de los cuerpos y del gas seco que los rodea.

No siempre se cumple la última condición, pues hay doble pérdida en el hidrógeno que en el ácido carbónico secos.

2.° Con el estado higrométrico del aire y con la temperatura hay aumento de pérdida.

3.° En una esfera agitada rápidamente hay menos pérdida que cuando está en reposo.

4.° La carga eléctrica que puede retener un cuerpo, crece con la presión del gas ambiente y, no obstante, la pérdida es muy lenta disminuyendo mucho la presión.

FUERZA ELÉCTRICA

La fuerza eléctrica de un punto es la resultante de las acciones que una serie de masas eléctricas ejercen sobre otra masa cualquiera que se supone colocada en dicho punto.

CAMPO ELÉCTRICO

Es el espacio en que se manifiestan acciones o fuerzas eléctricas debidas a cuerpos electrizados. *Defínese* el campo eléctrico en cada uno de sus puntos, por la dirección y magnitud de la resultante de las fuerzas atractivas o repulsivas, que cada uno de los puntos del conductor electrizado, que lo originan, ejercitarían sobre un punto que poseyera una cantidad de electricidad igual a la unidad y sin que la presencia de esta unidad de cantidad afectara a la distribución del flúido en los conductores.

La resultante de las fuerzas atractivas y repulsivas que actúan sobre cada punto del campo en general, varía de uno a otro en dirección y magnitud. Considerando en un campo un punto que tenga la unidad positiva de flúido y que puede moverse libremente por la acción del campo describirá en este movimiento, una trayectoria curvilínea (en términos generales). Esta trayectoria, en cada punto considerado, es tangente a la dirección de la resultante y se llama *línea de fuerza* o *línea de inducción.*

Campo uniforme es aquel en el cual las líneas de fuerza son paralelas y equidistantes.

FLUJO ELÉCTRICO

Se llama flujo eléctrico o flujo de fuerza a través de una sección considerada sobre una superficie equipotencial, al conjunto de líneas de fuerza que atraviesan dicha sección. Si el campo es uniforme en aquel lugar, el flujo es igual a la intensidad del campo multiplicada por la sección representada por la expresión.

$$N = F \times S$$

si la superficie fuera oblicua a dichas líneas, se le sustituye por su proyección ligada a ella por la fórmula $S = s, \cos a,$ en la que S representa a la superficie normal a las líneas de

12.

fuerza, *s* a la superficie oblicua y *a* al ángulo que forman ambas.

Sustituyendo esta fórmula a la anterior tendremos:

$$N = F \times s \cos a$$

de donde deducimos:

$$F = \frac{N}{s \cos a} = \frac{N}{S}$$

fórmula que sirve para determinar la intensidad del campo cuando se conoce el flujo N.

Teorema de Gauss

Conocida la noción *Flujo de fuerza* ha de tenerse presente:

1.° Que se designan con el nombre de *tubos de fuerza* las líneas de fuerza que pasan alrededor del elemento y forman una especie de canal normal en cada punto a la superficie de nivel que encuentra.

2.° Que el flujo de fuerza que atraviesa una superficie es la suma de flujos relativos a los diversos elementos.

3.° Que el flujo que atraviesa una superficie cerrada es nulo cuando este flujo dimana de una masa exterior a la superficie; y si dimana de una masa interior m el flujo que atraviesa la superficie es igual a $4 \pi m$.

4.° Que el valor del flujo en todos los puntos de un mismo tubo de fuerza es constante, así como la fuerza se halla en razón inversa de la sección en cada punto del tubo.

El teorema de Gauss puede enunciarse así: Dada una superficie cerrada trazada en un campo eléctrico, el flujo total de fuerza que atraviesa la superficie es igual a la cantidad de electricidad comprendida en la superficie multiplicada por 4π.

El teorema de Gauss y la noción de tubo de fuerza, son de importancia real en electrostática y se aplican al estudio de la inducción y de los conductores.

Teorema de Coulomb

Se énuncia este teorema, de la manera siguiente:

En un punto infinitamente próximo a la superficie de un conductor en equilibrio, la fuerza eléctrica es igual al producto de la densidad eléctrica en la proximidad del punto por 4π,sean cualesquiera, por otra parte, las masas que actúen.

La dirección de esta fuerza es normal a la superficie y se llama *presión electrostática*, representándola por la fórmula $P = 2\pi d^2$.

Como consecuencia del teorema de Coulomb tenemos, que la electricidad de una porción pequeña de la superficie de un conductor, experimenta, por parte de la contenida en el resto del mismo, una repulsión proporcinal al cuadrado de la densidad eléctrica en aquélla. Como esto tiene lugar en todos los puntos resulta que el flúido tiende a escaparse con fuerza equivalente.

Resulta de lo expresado que si aumenta la densidad en algún punto, también aumentará en él la presión electrostática que puede llegar a vencer la resistencia del aire, determinando la descarga del conductor, como en el caso de los cuerpos terminados en punta.

Potencial eléctrico

Esta designación introducida en el lenguaje científico por Green en 1828 es una noción especial de la electricidad que corresponde a la fuerza elástica de los gases, a la presión hidrostática de los líquidos o a la temperatura de los cuerpos, cuando hay cambios de gases, líquidos o cambios de calor y por cuya razón se designa, algunas veces al potencial eléctrico con los nombres de *nivel eléctrico* o *de temperatura eléctrica.*

La noción primera de potencial era puramente matemática.

Se consideraba al potencial como una función, conocida la cual para determinado punto, podía hallarse la fuerza

como una derivada simple del valor de aquella función, que se representa por

$$V = \frac{m}{\delta} 2$$

Aplicada a la Electricidad y al Magnetismo, la idea de potencial adquiere en cierta manera realidad física, tomando el carácter de verdadera energía potencial correspondiente a la unidad de masa eléctrica o magnética.

Si dos conductores cargados y aislados son puestos en comunicación por medio de un hilo metálico fino y aislado y no se produce entre ellos ningún movimiento de electricidad, se dice que están al *mismo potencial*. Si por el contrario, hay pasaje de electricidad de un conductor a otro, se dice que están a *diferente potencial*, correspondiendo el potencial más elevado a aquel conductor del cual haya partido la electricidad. En un tiempo más o menos largo el traslado de electricidad por el hilo cesa y los cuerpos quedan a un mismo potencial.

Potencial cero — Para expresar las diferencias de potencial se toma el potencial de la tierra, como término de comparación. Todo conductor en comunicación con el suelo no origina corriente alguna y se dice que tiene un *potencial cero.*

Potencial positivo y potencial negativo — Un cuerpo electrizado tiene potencial positivo si puesto en comunicación con la tierra, pasa como si ella le quitara electricidad positiva, en el caso contrario el cuerpo tendría potencial negativo.

El potencial es distinto de la presión o tensión que ejerce la electricidad, contra los cuerpos aisladores y de la densidad eléctrica en la superficie de los conductores.

Considerando dos esferas de las cuales, una de ellas, tenga un radio *doble* del radio de la otra y una carga eléctrica *cuadruple*, la densidad eléctrica es la misma en la superficie de las dos esferas y sin embargo, reunidas por un hilo conductor una parte de la electricidad de la esfera grande pasa a la pequeña porque no tiene el mismo potencial. Para tener potenciales iguales tienen que poseer cargas *proporcionales a sus radios* y no a *los cuadrados de sus radios.*

Entre el potencial y la carga de un conductor hay una relación constante. Si tenemos un conductor con una carga determinada Q de potencial uniforme e igual a P; si doblamos el potencial, doblaremos su carga y en consecuencia doblaremos la densidad eléctrica de cada punto.

Esta relación se llama *capacidad eléctrica* y se expresa así:

$$C = \frac{Q}{P}$$

pudiendo definirse como la carga que ha de comunicarse a un conductor para que adquiera un potencial igual a la unidad.

Todo cuerpo cargado a un *potencial dado* tiene una *energía potencial dada*. Si esta energía potencial disminuyera es porque se manifiesta bajo la forma de *descarga* total ó parcial, produciendo efectos particulares: caloríficos, mecánicos, etc.

Si por un medio cualquiera mantenemos constante el potencial y hacemos producir una descarga constante y continua, los efectos producidos son constantes y continuos en el conductor y el espacio que lo rodea. Como este espacio y este conductor poseen ahora, propiedades nuevas, se dice que el conductor es atravesado por una *corriente eléctrica*.

Elementalmente puede explicarse el potencial eléctrico comparándole con el nivel hidrostático. Así considerando a un vaso lleno de líquido puesto en comunicación por medio de un tubo con otro vaso vacío o en el que el líquido tenga un nivel menor se manifiesta un pasaje del líquido del primero al segundo hasta igualdad de niveles, cualquiera que sea la profundidad a que se haya puesto el tubo en los vasos y a pesar de la diferencia de presión determinada por dicha profundidad.

De la misma manera, el paso de electricidad entre dos conductores no depende de la densidad eléctrica de los puntos donde se establece la comunicación.

El movimiento de un líquido entre dos vasos comunicantes es independiente de las cantidades del mismo y sólo es

producido por la diferencia de nivel. Así, si uno de los vasos aun cuando sea más pequeño está más alto, pasará el líquido de éste al mayor hasta la igualdad de nivel. La electricidad, del mismo modo marcha desde el conductor que tiene potencial mayor al que le tenga menor, aunque la carga eléctrica del segundo sea mayor que la del primero.

TRABAJO DE LAS FUERZAS ELÉCTRICAS, SU RELACIÓN CON EL POTENCIAL

Según la definición mecánica, toda fuerza al producir movimiento desarrolla un trabajo cuyo valor es igual al producto de la intensidad de la fuerza por el camino recorrido en su propia dirección.

De idéntica manera, toda masa eléctrica colocada en un campo y sometida por ello a la acción de una fuerza, al moverse determina un trabajo definido y análogo al anteriormente dicho.

El trabajo desarrollado por las fuerzas eléctricas puede evaluarse comparándole al nivel hidrostático como ya hemos enunciado.

Así, por ejemplo, el trabajo desarrollado por un kilogramo de agua al caer de determinada altura, es igual a tantos kilográmetros como metros haya de diferencia de nivel entre el punto de partida y el de llegada; esta diferencia de nivel es en electricidad la diferencia de potencial, mientras que la masa de agua equivale a la masa eléctrica.

Si la unidad de masa eléctrica fuera desalojada de un punto a otro que tuviera diferente potencial, el trabajo sería igual a la diferencia de potenciales.

Si en vez de ser la unidad de masa fuese una masa cualquiera la que se desalojara, sería necesario multiplicar por ella a la citada diferencia.

Se deduce, pues, que la diferencia de potencial entre dos puntos representa el trabajo desarrollado por la unidad de masa al pasar de uno a otro: si uno de ellos estuviese en el infinito, y por tanto, a potencial cero, el trabajo se mediría por el del otro punto.

Aunque el potencial cero sólo se encontraría a distancia infinita de la masa que produce el campo, se ha convenido en dar aquel valor al potencial de la tierra (que no es conocido) fundándose en que todo cuerpo electrizado puesto en comunicación con el suelo pierde las propiedades eléctricas. En hidrostática se considera de igual manera el nivel del mar como término de comparación para los demás que se consideran positivos o negativos, según estén más o menos elevados que aquél.

En electricidad, a los potenciales menores que el de la tierra se les llama *negativos,* y si se ponen en comunicación con ésta los cuerpos que los posean, el flúido eléctrico pasará del depósito común al conductor hasta que se establezca el equilibrio, y el trabajo desarrollado será igual al producto de la masa eléctrica por el valor absoluto del potencial.

SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

Desígnanse con el nombre de superficies equipotenciales o superficies de nivel, a aquellas cuyo potencial tiene el mismo valor en cualquiera de sus puntos no presentando en ella la electricidad tendencia a moverse sin salir de las mismas, como ocurre con los conductores cargados y en equilibrio.

Puede compararse las superficies equipotenciales a las superficies horizontales de un líquido pesado contenido en un vaso.

Las superficies equipotenciales son constantemente perpendiculares a las líneas de fuerza, del mismo modo que las superficies libres de los líquidos son perpendiculares a la dirección de la gravedad.

EXPRESIÓN DEL POTENCIAL EN FUNCIÓN DE LAS MASAS

Expresando por m, m‘, m’’ las masas eléctricas en el campo, el potencial en un punto *M* es la suma algebraica de los trabajos parciales referentes a cada una de las masas en par-

ticular; suma que representa el trabajo de las fuerzas eléctricas *al transportar una unidad de electricidad desde el punto M hasta un punto cualquiera del suelo o del infinito.*

Como el trabajo producido por cada una de las masas es el mismo, cualquiera que sea el camino seguido desde un punto cualquiera al infinito, resulta $T = \frac{m}{r}$.

Cada masa da un término análogo y el trabajo total será:

$$V = \frac{m}{r} + \frac{m'}{r'} + \frac{m''}{r''} \dots = V \frac{m}{r}$$

Es decir, que el valor del potencial en un punto es igual a la suma algebraica de los cocientes obtenidos, dividiendo cada una de las masas actoras (expresadas en unidades electroestáticas) por la distancia al punto supuesto.

UNIDAD DE POTENCIAL

Si en la fórmula que define al potencial en función de las masas hacemos m = 1 y r = 1 tendremos $V = 1$ — lo que indica que la unidad *C. G. S.* (electroestática) de potencial, será el de un punto situado a un centímetro de la unidad de masa eléctrica.

La unidad práctica es el *Volt* o *Voltio* que vale $\frac{1}{300}$ de la anterior.

CAPACIDAD DE LOS CONDUCTORES

Entiéndese por capacidad de un conductor aislado, a la masa eléctrica necesaria para que su potencial se haga igual a la unidad.

Compárase la capacidad eléctrica a la cabida de un recipiente en hidrostática; así, si dando a un conductor una carga *M* se le lleva a un potencial *V*, con otras, doble, triple, etc., el potencial adquirirá igual variación, como acontecería con cierta cantidad de líquido que, en un recipiente al-

canza determinado nivel agregando cantidades dobles o triples, el nivel, variaría en iguales proporciones.

El valor de la capacidad de un conductor se expresa por la fórmula siguiente:

$$C = \frac{M}{V}$$

en la que *C* representa la capacidad, *M*, la masa eléctrica o la carga y *V*, el potencial

En el caso de una esfera como $V = \frac{M}{R}$ tendremos:

$$C = \frac{M}{\frac{M}{R}} = R$$

lo que expresa que la capacidad de un conductor esférico es igual a su radio.

ENERGÍA ELÉCTRICA

Todo cuerpo electrizado es un manantial de energía capaz de suministrar una suma determinada de trabajo cuando vuelve al estado neutro por comunicación con el suelo y esta energía existe al estado de potencial en el cuerpo electrizado.

Es evidente que para llevarlo a ese estado fué preciso. según el principio de conservación de la energía, practicar un trabajo equivalente contra las fuerzas físicas.

La energía de un conductor electrizado es igual a la mitad del producto de la masa eléctrica por el potencial correspondiente y es proporcional al cuadrado de la carga o al cuadrado del potencial.

La energía eléctrica almacenada en un conductor cargado al potencial *V* con una masa *M* se demuestra que

$$W = \frac{1}{2} M \, V$$

y teniendo presente que

$$C = \frac{M}{V},$$

se podrá reemplazar M o V por sus valores deducidos de esta última fórmula:

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{M^2}{C}$$

expresiones idénticas pero que se emplean según se conozcan M y V para la primera, C y V para la segunda y M y C para la tercera.

Esa energía nos expresa la que es necesario gastar para la carga del conductor en las condiciones anotadas y se halla almacenada en él, bajo el estado de energía potencial, susceptible de convertirse en energía actual en el momento de la descarga.

UNIDAD DE CAPACIDAD

La unidad práctica de capacidad es el *farad o faradio* que vale $\frac{1.000.000.000}{1} = 10 - 9$ unidades cegesimales y que como tiene demasiada magnitud se reemplaza a menudo por *microfard o microfaradio* que vale una millonésima de faradio.

UNIDAD DE ENERGÍA

La unidad práctica de energía es el *Erg o Ergio* es decir, la misma unidad de trabajo que se definiría expresando que es el trabajo desarrollado por una dina recorriendo la distancia de un centímetro.

En electricidad se emplea la unidad llamada *Joule o Julio* que vale 10^7 Ergs.

También desígnase al *Joule* con el nombre de *voltcoulomb*, expresando que es el trabajo producido por la unidad práctica de cantidad (*coulomb*), bajo una diferencia de poten-

cial igual a una unidad práctica de fuerza electromotora (*Volt*).

$$Jule = e = a' \frac{1}{9,81} \text{ Kilográmetros}$$

Cualquiera que sea su naturaleza los conductores oponen resistencia al movimiento de la electricidad consumiéndose parte del trabajo disponible en vencer la resistencia por lo cual se produce una cantidad de calor equivalente.

Esa cantidad de calórico es susceptible de ser medida por el tremómetro de Riess, pero puede también medirse la resistencia de un conductor en valor absoluto por la unidad practicada de resistencia *ohom* u *ohmio.*

El calor desarrollado, y por consiguiente la resistencia que opone un hilo conductor cualquiera, es proporcional a la longitud del conductor y está en razón inversa de su sección, siendo por otra parte, diferente para cada metal que constituye el hilo conductor y proporcional a un factor constante o coeficiente parásito, porque representa la resistencia específica:

$$R = \frac{ae}{s}, \; a = \frac{RS}{e} = \text{resistencia}$$

En las descargas se origina una chispa pudiendo ocurrir que la chispa absorba la mayor parte de la energía (descarga discruptiva) o que absorba una pequeña parte de la energía disponible (descarga conductiva específica).

Siendo el *Joule* la unidad práctica de trabajo o de energía eléctrica y, por otra parte, equivaliendo una caloría gramo a 4, 17 *Joule,* representa esta expresión el equivalente mecánico del calor.

Si le llamamos J y expresamos por Q el número de calorías desprendidas en la descarga conductiva, convirtiéndose con el conductor la energía toda en calor, no verificándose ningún trabajo exterior por la descarga, tendremos:

$$J\,Q = W = \frac{1}{2}\,M\,V = \frac{1}{2}\,C\,V^2 = \frac{1}{2}\,\frac{M^2}{c}$$

Si además representamos por Q la cantidad de calor, la temperatura a que se elevará un hilo metálico desde O°, será proporcional a la cantidad de calor, y se hallará en razón inversa del peso y del calórico específico medio

$$t = \frac{Q}{pc}.$$

Tratándose de dos hilos metálicos distintos por su densidad, sección, longitud y calórico específico tendremos:

$$t = \frac{Q}{sedc}$$

Inducción electroestática

Si colocamos un conductor aislado cerca de otro cuerpo que posea electricidad, actuará ésta aparentemente por influencia, atrayendo la de nombre contrario y repeliendo hacia la parte opuesta del conductor la electricidad del mismo nombre. Esto puede comprobarse experimentalmente y estudiar al mismo tiempo la distribución de la electricidad en el cuerpo inducido valiéndose de un conductor de forma cilíndrica de extremos esféricos provistos de péndulos de médula de sauco, los que divergirán al acercarse al inductor por haber penetrado en el campo eléctrico determinado por el mismo.

Mediante la balanza de torsión y tocando con un plano de prueba los diferentes puntos de la superficie del conductor aislado podemos constatar:

1.° Que la electricidad es de diferente nombre en los extremos donde tiene mayor tensión.

2.° Que la carga disminuye a partir de esos puntos hasta una sección o línea neutra que no presenta electricidad libre — y que se halla situada más próxima al extremo del cuerpo electrizado aun cuando se la denomine, línea media.

3.° Si cualquiera de las porciones del cilindro, positiva o negativa, se pone en comunicación con la tierra por medio

de un conductor, quedará cargado todo el cuerpo inducido con electricidad contraria a la del inductor.

Y 4.° La electricidad (del primer cilindro) cuerpo inducido ejerce influencia sobre otro que se aproxime y así sucesivamente habrá inducción de distintos órdenes, cuya energía depende de la carga del cuerpo electrizado.

Estos fenómenos de inducción pueden explicarse por las modificaciones que experimenta el campo eléctrico a causa de la presencia de un conductor.

Cilindro y teorema de Faraday

Puede enunciarse el teorema de Faraday diciendo que "todo conductor electrizado, aislado e introducido en otro en estado neutro, desarrolla por inducción, en la superficie interior de éste, una carga eléctrica igual y de nombre contrario a la suya y en la superficie exterior otra carga también igual, pero del mismo nombre; si se pone en comunicación con el suelo el conductor exterior, desaparece la carga de la superficie externa, adquiriendo un potencial igual a cero y conservando la interna la carga inducida".

La distribución de electricidad en el interior del inducido depende de la posición del inductor, pero la cantidad total es la misma que la de éste.

Puede demostrarse el teorema de Faraday por medio del razonamiento pero es más simple comprobarle experimentalmente con el aparato que lleva el nombre del mismo autor.

El aparato de Faraday consiste en un cilindro de metal hueco, ancho y de bastante altura que se aïsla colocándole sobre un disco de parafina y se pone en comunicación por medio de un alambre con un electroscopio de panes de oro.

Introduciendo en el cilindro a una esfera electrizada positivamente, suspendida de un hilo aislador y que no le toque en ningún punto las láminas o panes de oro divergen por estar cargados de electricidad positiva y su divergencia aumenta hasta que la esfera llega a determinada profundidad, pasada la cual, el estado del electroscopio no varía, cualquiera que sea la posición de la esfera dentro del cilindro.

El hecho indicado comprueba que la electricidad positiva de la esfera induce carga negativa en el interior y positiva en el exterior, siendo la última la que determina la divergencia de los panes de oro.

En estas condiciones el aparato, si lo ponemos en comunicación con el suelo, los panes o láminas caerán y si ahora sacamos la esfera, el electroscopio vuelve a acusar electricidad negativa por repartirse en la parte exterior del aparato la inducida en su superficie interna.

Si volviéramos a introducir la esfera y acusando de nuevo la neutralidad los panes de oro, se la pone en contacto con el cilindro, lo que es suficiente para que todo el sistema quede descargado, comprobándose así la igualdad entre las cantidades de electricidad inductora e inducida.

Las experiencias practicadas con el cilindro de Faraday han dado ocasión a una aplicación de importancia, como es la de sustraer un aparato eléctrico a la acción de las cargas o de los campos exteriores a él; lo que se consigue con rodearle de un conductor metálico en comunicación con la tierra; el aparato desarrollará en el conductor una carga igual y contraria a la suya propia, pero ni se propagará su acción al exterior, ni las líneas de fuerza del campo penetrarán dentro del conductor.

Este sistema de protección conocido bajo el nombre de *pantalla eléctrica*, es indispensable en ciertos casos para el empleo de los instrumentos de medida.

INDUCCIÓN EN LOS AISLADORES

La inducción en los aisladores es análoga a la ejercida en los buenos conductores de la electricidad con la diferencia de efectuarse de molécula a molécula, como lo comprobó Mateucci, en virtud de la dificultad que en los primeros cuerpos encuentra la electricidad para moverse.

DESCARGA ELÉCTRICA

La descarga eléctrica o el consumo de la energía acumulada en un conductor puede efectuarse de distintas formas. Siempre que se establezca la comunicación entre un cuerpo electrizado y el suelo o entre las armaduras de un condensador, se produce una chispa.

La descarga puede efectuarse perdiéndose toda la energía o la mayor parte de ella repentinamente o también puede debilitarse la energía perdiendo parte pequeña de la disponible. En el primer caso la descarga se llama *disruptiva* y en el segundo *conductiva.*

Los conductores siempre ofrecen una resistencia mayor c menor al movimiento de la electricidad y entonces, parte del trabajo disponible se consume en vencer esta resistencia, produciéndose una cantidad de calor equivalente.

Las distintas formas de la descarga *disruptiva* pueden reducirse a tres tipos: *chispa, penacho y resplandor.*

El carácter común de los tres tipos anotados es que, a pesar de su corta duración, no constituyen un fenómeno simple instantáneo, sino que son intermitentes y resultado de gran número de descargas con carácter oscilatorio.

Cuanto mayor sea la cantidad electricidad que entra en su formación, la chispa aparecerá rectilínea, muy luminosa y tanto más nutrida. A medida que aumenta la distancia de los conductores o disminuye su capacidad se presenta más delgada y menos nutrida o luminosa, haciendo zig zag y aproximándose al tipo siguiente ramificándose.

La chispa siempre va acompañada de un ruido seco debido a la conmoción violenta del medio en que aparece.

El penacho presenta un tinte pálido, violado, acompañado de su zumbido característico. En su conjunto es de forma ovoidea y las ramificaciones que parten del polo positivo se unen formando una especie de pedúnculo más luminoso mientras que el polo negativo aparece cubierto por una capa luminosa que si termina en punta, lleva en su extremidad una estrella pequeña y brillante.

Disminuyendo la presión del gas, como sucede con el huevo eléctrico y los tubos de Geisler, se produce el *resplandor*.

El resplandor excita la fluorescencia y si reducimos la presión en el interior de los tubos a algunas millonésimas de atmósfera se originan fenómenos singulares estudiados por Crookes y otros.

Al desaparecer en estos tubos los resplandores, el paso de la electricidad se manifiesta únicamente por la fluorescencia del tubo de vidrio que adquiere un brillo notable en la parte opuesta al electrodo negativo. Este fenómeno se origina como si fueran lanzadas las partículas electrizadas por el electrodo negativo a su superficie.

En los tubos de forma ovalada cuando se da a uno de los electrodos la forma de espejo cóncavo, se observa que el flujo que de él emana forma un cono cuyo vértice se encuentra en el centro del espejo y en el fondo opuesto del vidrio aparece una zona muy iluminada.

Si la experiencia anterior la practicamos con un espejo convexo en el electrodo e interponemos un cuerpo opaco, éste detendrá las radiaciones y aparecerá en el fondo luminoso del tubo una sombra negra del cuerpo interpuesto.

Puede probarse la existencia de las radiaciones colocando en medio de un tubo cilíndrico ancho, un molinete con aletas de talco que pueda correr de un lado al otro del tubo por la acción del electrodo negativo.

Observada la luz producida por la chispa con el electroscopio, puede notarse con claridad los rayos de los espectros en los electrodos, aunque sean distintos, y podrá observarse también, aunque con menor intensidad, los rayos del espectro del gas, en cuyo seno brilla la chispa; una parte de la energía se consume, por lo tanto, en arrancar y volatilizar las partículas metálicas de los electrodos y en transportarlas de uno a otro electrodo si la descarga es algo fuerte.

Así puede evidenciarse colocando por electrodos una bola de oro y otra de plata, al pasar la descarga se notarán en cada bola partículas del metal de la opuesta.

En la observación espectroscópica de los resplandores aparecen solamente los rayos del espectro del gas incandescente.

La longitud de la chispa en el aire a la presión ordinaria o *distancia explosiva* depende de la diferencia de potencial de los electrodos.

Los efectos químicos de la chispa con el fundamento de los estudios *endiométricos,* y los del espectroscopio se aplican a la observación del espectro de los gases, particularmente los efluvios eléctricos en los tubos de Geisler.

ELECTROSCOPIOS Y ELECTRÓMETROS

Las diferencias de potencial entre dos puntos de un sistema electrizado o de un circuito eléctrico pueden medirse por dos métodos distintos: el método *directo* y el método *indirecto.*

El método directo se practica con los instrumentos llamados *electrómetros* y el indirecto por diferentes procedimientos, que enunciaremos más adelante.

En realidad los galvanómetros que no miden más que intensidades, sirven para la medida de potenciales o de fuerzas electromotrices.

Existen dos especies de electrómetros; unos fundados en *acciones electrostáticas* y otros en *acciones electrocapilares.*

Aplicados para *observar* diferencias de potencial funcionan como *electróscopos* y cuando se aplican para *medir* diferencias de potencial actúan como *electrómetros.*

Balanza de Coulomb

Ya hemos indicado anteriormente que con este instrumento se mide la cantidad de electricidad en valor absoluto.

Si las dos esferas fueran iguales y m la carga de cada una de ellas se tendrá para una desviación a, que no pase de 20°,

$$f = \frac{m^2}{\delta^2} = \frac{m^2}{l^2\, a^2}$$

por otra parte la condición de equilibrio entre el movi-

miento de esta fuerza y el movimiento del par de torsión, da la relación:

$$f.l = C (A + a),$$

y deduciendo:

$$m^2 = Cl (A + a) a^2$$

Electróscopo de panes de oro

El uso de este instrumento requiere muchas precauciones de parte del operador; previamente debe desecarse el aire contenido en el interior de la campana y luego debe cuidarse de las trepidaciones, pues sólo bastan las pisadas del observador sobre el suelo para que el aparato adquiera electricidad negativa por haberse electrizado el pavimento con la de nombre contrario.

Para que las indicaciones del electroscopo sean seguras es necesario que la campana de cristal que encierra las láminas de oro tenga un potencial conocido, el del suelo por ejemplo.

Así si V es el potencial de las láminas; V° el de la caja; la carga de las láminas es proporcional a su capacidad y a la diferencia de potencial $V - V^\circ$.

La desviación que depende de la carga puede servir para medir la carga o el potencial.

El instrumento se gradúa por medio del cilindro de Faraday.

La graduación para potenciales se practica por medio de pilas.

Cuando se trata de una fuente de electricidad que es débil para dar a las hojas una carga sencilla adiciónase al electroscopo un condensador.

Electrómetro absoluto de Thomson

Es un aparato destinado a dar a conocer directamente y en unidades absolutas el potencial de un conductor.

Está fundado en la atracción de dos discos electrizados y dispuestos paralelamente.

Uno de los discos, de dimensiones conocidas, está rodeado por un *anillo*, que sirve para repartir uniformemente la carga en el disco como si no tuviese bordes.

Uno de los discos se halla suspendido por resortes y posee un tornillo micrométrico; el otro disco está unido a un tornillo semejante.

El tornillo superior se arregla de manera que el disco queda suspendido un poco sobre el *anillo* cuando el aparato no está electrizado.

Puede emplearse este instrumento siguiendo dos métodos distintos: el *idiostático*, en el que no interviene carga alguna exterior, siendo, en este caso, necesario conocer con exactitud la distancia δ de los discos y el *heterostático*, en el que interviene una carga exterior.

Método idiostático. — Se ponen los dos discos en comunicación con los dos cuerpos cuya diferencia de potencial va a medirse; se mueve el disco inferior hasta que tome su posición primitiva, lo que se regula por un cabello tendido entre dos miras.

En este momento existe equilibrio entre la atracción de los dos platillos y la fuerza de los resortes y si designamos por V el potencial de uno de los discos y por V' el potencial del segundo, obtendremos la diferencia de potencial por la fómula:

$$V\ V' = \delta \frac{\sqrt{8 \pi F}}{X}$$

en la δ representa la distancia de los discos, F la atracción eléctrica igual al esfuerzo de los resortes que le equilibra y $\times$ el área media entre la superficie del platillo suspendido y la abertura del *anillo.*

Método heterostático. — Se aislan los dos discos y se carga el superior con un potencial elevado y constante.

Verifícase la comprobación de la constancia de potencial, por medio de un electrómetro accesorio y se mantiene con un *recargador* o *replenisher.*

El disco inferior se une alternativamente con la tierra y con el cuerpo cuyo potencial quiere observarse.

La diferencia de atracciones, en ambos casos, da la diferencia de potencial del cuerpo y de la tierra (potencial cero), lo que equivale al potencial del cuerpo.

$$V - V' = (\delta - \delta') \frac{\sqrt{8 \pi F}}{X}$$

fórmula en la que $V - V'$ expresa la diferencia de potencial de la tierra y del cuerpo electrizado; δ δ' la diferencia de lectura s del tornillo del platillo inferior; diferencia que puede apreciarse sin hacer intervenir la distancia de los platillos.

Si expresamos δ en centímetros y F en dinas, la fórmula nos dará el valor $V - V'$ en unidades electrostáticas *C. G. S.* y multiplicando por 300 a este valor tendremos la diferencia de potencial expresada en *volts* o *voltios*.

ELECTRÓMETRO CAPILAR DE M. LIPPMANN

Este aparato permite medir la diferencia de potenciales merced a la desnivelación del mercurio en un tubo capilar que se inmerge en un vaso con agua acidulada en cuyo fondo hay mercurio.

Este desnivel tiene un valor fijo y bien determinado, para una diferencia de potencial dada y para masas de mercurio determinadas.

Estos electrómetros, a los que se le da formas o disposiciones diversas, son extremadamente sensibles, pudiendo apreciar hasta el milésimo de Volt.

Métodos indirectos

Para medir la diferencia de potencial por método indirecto, se hace uso de voltímetros, galvanómetros, método de oposición, condensadores, etc.

Condensación electroestática

CONDENSADORES

Llámanse así a los aparatos destinados a la acumulación de grandes cantidades de electricidad.

La energía de la chispa de un condensador es superior a la de la máquina con que se carga, sin embargo que el potencial del colector es menor que el de la máquina eléctrica, debiéndose ese efecto más enérgico al aumento de capacidad de las armaduras.

Los condensadores constan esencialmente de dos láminas buenas conductoras separadas por otra aisladora que puede ser aire seco como en el condensador de lámina de aire de Aepinus o una lámina de vidro como en la botella de Leyden cuando el aislador afecta esa forma.

Cuando se carga un condensador es necesario poner uno de los platillos conductores en comunicación con el suelo, mientras el otro comunica con el manantial de electricidad para darle su carga.

La descarga de un condensador puede ser *lenta* o *instantánea*. Consíguese la descarga lenta en la generalidad de los casos y la *descarga instantánea* valiéndose de un excitador.

El estudio teórico de los condensadores nos conduce a las leyes siguientes:

1.o La capacidad de un condensador es proporcional a su superficie.

2.o Está en razón inversa del espesor de la caja aisladora.

3.o La fuerza condensante es tanto mayor cuanto menor sea el espesor de dicha caja.

Y 4.o La energía es proporcional a la superficie, al cuadrado del potencial y está en razón inversa del espesor de la lámina aisladora.

Capacidad inductora específica

La capacidad inductora específica llamada también poder inductor específico de una sustancia es el cociente que re-

sulta de dividir la capacidad de un condensador hecho con esta sustancia por la de otro idéntico, pero en el que las armaduras estén separadas por una lámina de aire del mismo espesor.

El poder inductor específico es una constante propia de cada aislador y en la mayoría de los casos estudiados hasta el día experimentalmente se comprueba que es igual al cuadrado del índice de refracción de la luz.

Electromotores mecánicos

MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Los medios, distintos, de producir electricidad por gasto de energía mecánica pueden agruparse de la manera siguiente:

a) Electrización directa de un cuerpo por la acción mecánica ejercida sobre él; como el frotamiento o la compresión.

b) Electrización por influencia de un cuerpo sometido a la acción de un *campo eléctrico* creado por otro cuerpo electrizado de antemano.

c) Electrización por inducción, por acción mecánica gastada en un campo *magnético*.

A estos tres medios de producción de la energía eléctrica, por gasto de trabajo mecánico, corresponden tres clases de electromotores llamados *mecánicos*.

1.° Máquinas a frotamiento.

2.° ,, ,, influencia.

3.° ,, ,, inducción.

Las dos primeras que utilizan a la vez la electrización por acción mecánica y por influencia, se agrupan bajo la denominación de máquinas *estáticas*.

Así, para su estudio se dividen, los electromotores mecánicos, en dos grupos:

1.° Máquinas estáticas o de frotamiento.

2.° ,, de inducción o reproductores eléctricos.

Hablando con propiedad, en las máquinas llamadas de frotamiento se utiliza también la inducción producida sobre

los conductores y en las de inducción la carga se inicia por el frotamiento, sin embargo que en los de cada clase la acción preponderante corresponde al nombre con que se las designa.

Otto de Guerike fué el inventor de la primera máquina eléctrica, que consistía en una esfera de azufre que giraba por la acción de un manubrio, teniendo aplicada contra ella la mano del operador.

Esta máquina primitiva, más o menos modificada, se ha transformado en la máquina de disco que se emplea en la actualidad.

Las máquinas eléctricas producen un manantial continuo de electricidad a elevado potencial. Los órganos esenciales de las máquinas eléctricas son: el *productor* que produce electricidad, el *transmisor* que la transporta y el *colector* que la recoge.

El aumento de carga del colector puede efectuarse creciendo como los términos de una progresión aritmética cuando el transmisor en cada operación transporta la misma cantidad de electricidad o según los términos de una progresión geométrica, en otro caso cualquiera, como sucede en las máquinas de inducción.

Teóricamente el potencial de las máquinas eléctricas no tiene límites ya funcione por adición o por multiplicación.

En la práctica el límite de carga y por lo tanto, de potencial, en tiempo seco corresponderá a las descargas disruptivas que se produzcan entre el colector y los conductores próximos ya sea bajo la forma de chispa o de penacho en el aire.

El límite, en tiempo húmedo, está en relación con la pérdida y se alcanzará cuando ésta sea igual a la carga que adquiere en la unidad de tiempo; siendo tanto más bajo cuanto mayor sea la pérdida.

Toda máquina eléctrica es un verdadero manantial de electricidad porque tiene la propiedad de mantener entre dos conductores una diferencia de potencial constante para cada condición.

Las máquinas electroestáticas consideradas como electromotores se caracterizan:

1.° Por una fuerza electromotriz o diferencia de potencial muy grande, miles de volts.

2.° Por una resistencia interior considerable, centenares de millones de Ohms.

La aplicación inmediata de la ley de Ohms nos demuestra que la corriente dada por las máquinas tiene que ser de muy debil intensidad.

La diferencia de potencial en las máquinas eléctricas puede medirse prácticamente por la longitud de una chispa que saltara en los conductores polares, terminados en esferas y de diámetro conocido.

El gasto o flujo eléctrico puede medirse en las máquinas eléctricas por medio de la botella de Lane interpuesta entre el conductor y el suelo. Se mide la distancia explosiva acercando o alejando las dos armaduras terminadas por esferas de diámetro conocido. Esta distancia nos da a conocer la diferencia de potencialidad V. Se cuenta el número n de chispas que se producen en un segundo y tendremos:

Para 1 chispa en 1 segundo: $q = C\ V$.

" n " " 1 " : $Q = n\,q = n\,C\,V$.

Los polos de una máquina eléctrica pueden ser diferenciados:

1.° Aproximando un electrodo del tubo de Geissler que se rodea de una zona oscura cuando comunica con el polo negativo.

2.° La llama de una bugía colocada entre los conductores polares es repelida por el polo positivo y atraída por el polo negativo.

Entre las máquinas más importantes tenemos:

Ramsden, de frote.

Thomson, por inducción de carga en progresión geométrica.

Holtz, que funciona como un electroforo continuo.

Voss, de conductor diametral, semejante a el *Replenisher.*

Wimshurst, en la que las cargas crecen indefinidamente.

La energía y el producto de una máquina de inducción es proporcional a la velocidad de rotación, independiente de la capacidad del conductor y del valor absoluto del potencial de los polos; disminuye a medida que aumenta la diferencia de potencial.

La potencia de una máquina se mide por el trabajo que rinde en la unidad de tiempo.

La unidad de potencia es el *watt o wattio* que equivale a un *joule o julio* por segundo.

FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS

Divíndense los fenómenos producidos por la electricidad estática en *efectos mecánicos, físicos, químicos y fisiológicos.*

Entre los efectos mecánicos son bien conocidas las atracciones producidas sobre los cuerpos ligeros puestos de manifiesto al practicar las experiencias del campanario eléctrico, taladracartas, mortero eléctrico, etc.

Los efectos físicos de la electricidad estática pueden referirse a dos grupos o categorías: efectos térmicos y efectos luminosos.

Efectos térmicos — Al pasar la descarga eléctrica por un alambre delgado llega a calentarle hasta fundirle y aún volatilizarle.

La chispa produce la combustión de algunos cuerpos.

El calórico desarrollado por las descargas se mide por el *termómetro eléctrico* de Riess que intercalado entre las armaduras de un condensador cuya carga se conoce, por haberla medido con una botella de Lane nos permite experimentar las siguientes leyes, demostradas antes por Joule en el caso que un alambre sea atravesado por una corriente eléctrica.

1.° La cantidad de calórico desarrollada es proporcional al cuadrado de la carga.

2.° En igualdad de carga, es proporcional al cuadrado del potencial.

Y 3.° Está en relación directa de la resistencia del alambre

Efectos luminosos — Han de anotarse en primer término las chispas brillantes de las máquinas de inducción que en la oscuridad semejan una fosforescencia.

La presión del aire ejerce influencia sobre la descarga eléctrica como puede comprobarse por el llamado huevo eléctrico que simplemente se reduce a un recipiente de vidrio de forma ovalada en el que penetran dos varillas metálicas,

una de ellas terminada por una llave que permite la extracción del aire.

A la presión ordinaria las chispas no ofrecen ninguna particularidad pero cuando la presión ha disminuído algo (3 milímetros próximamente) se manifiesta una fosforescencia luminosa, cuya coloración varía, según los gases que llenen el recipiente y según la naturaleza de los conductores.

Así en el hidrógeno aparece un resplandor azul violado y de color rosa en el aire.

Estos resplandores pueden excitar la fluorescencia como ocurre con los tubos de vidrio de urano.

Cuando la presión desciende a 1 milímetro de mercurio, el resplandor en vez de ser uniforme presenta zonas de claro y oscuro, fenómeno que se conoce con el nombre de Abbia, su observador.

En fin, cuando la presión disminuye hasta algunas millonésimas de atmósfera, los resplandores y estractificaciones desaparecen dando lugar a que entre los dos conductores aparezca la obscuridad, de manera que la descarga eléctrica se manifiesta solamente por una florescencia en la pared de la ampolla opuesta al conductor ligado al polo negativo o catodo, fenómeno que se conoce con el nombre de Crookes, su observador, y que Hittorff y Goldstein explican emitiendo la hipótesis que se trata de radiaciones particulares salidas del catodo y por lo tanto llamadas *radiaciones catódicas.*

Si colocamos en un tubo de Crookes un cuerpo fosforescente como el sulfuro de calcio, bajo la acción de los rayos catódicos, manifestará vivamente su fosforescencia.

Colocando en la ampolla de Crookes una lámina metálica, se apercibe sobre la pared opuesta al catodo (región anticatódica) la sombra correspondiente a esta lámina con lo que se demuestra que los rayos se propagan normalmente al catodo.

Los rayos catódicos pueden producir efectos mecánicos como se comprueba colocando en el interior de una ampolla de Crookes y sobre railes de vidrio, el eje de un molinete de aluminio. Cuando la descarga eléctrica se produce el molinete se mueve dirigiéndose hacia el anodo.

Los rayos catódicos producen efectos térmicos, siendo capaces de fundir una lámina de metal o de ablandar la pared de vidrio sobre la cual chocan.

Perrin ha demostrado que los rayos catódicos transportan cargas electronegativas.

Finalmente si se acerca un imán a una ampolla donde se producen rayos catódicos, se constata que el tinte florescente del vidrio se desplaza bajo la influencia del imán.

Con esta experiencia se comprueba que los rayos catódicos son influenciados por un campo magnético.

Lénard encontró otra propiedad importante de los rayos catódicos.

Si en la pared de un tubo de Crookes practicamos una abertura, conocida con el nombre de Ventana de Lénard, y la tapamos con una lámina de aluminio, éste es atravesado por las radiaciones catódicas.

Soldando a continuación otro tubo, Lénard, pudo estudiar los rayos al salir del tubo generador comprobando que los rayos catódicos pueden penetrar y propagarse en el vacío absoluto, vacío en el cual ellos no pueden originarse, y que estos rayos pueden descargar a un cuerpo electrizado, colocado en el segundo tubo, cualquiera que sea su signo de electricidad.

Rayos de Rœntgen

Los rayos de Roentgen llamados también rayos X por no conocerse aún su naturaleza, fueron descubiertos en el año 1895 — y se manifiestan siempre que las radiaciones catódicas encuentran un obstáculo en su propagación.

Roentgen al efectuar su descubrimiento empleaba un tubo de Crookes, fijado a una poderosa máquina de Holtz y encerrado en una caja opaca de madera cuya cara anterior que miraba a la parte que había de volverse fluorescente, era de aluminio.

Delante de esa placa había colocado una hoja de papel impregnado en platino cianuro de bario (sustancia fluorescente); una placa fotográfica sensible, envuelta en un papel negro y un electroscopio cargado.

Cuando la descarga se verificaba en el tubo de Crookes constató que el platino cianuro de bario se hacía florescente, que la placa sensible se impresionaba y que el electroscopio se descargaba.

De estos hechos dedujo que existían ciertas radiaciones salidas de la caja opaca que eran capaces de influenciar a los tres *reactivos* colocados delante, estas radiaciones son los rayos X o de Roentgen.

PROPIEDADES DE LOS RAYOS X

Si colocamos, entre un tubo de Crookes y una pantalla fluorescente a diversas sustancias podremos constatar que algunas de ellas se dejan atravesar por los rayos X en tanto que otras obstaculizan a estos rayos formando una sombra más o menos pronunciada sobre la plantalla, siendo la opacidad proporcional a la densidad de la sustancia observada.

El papel, el paño, el cuero, el corcho, la madera... son transparentes a los rayos X.

Los metales son opacos exceptuando al aluminio cuya densidad es baja.

El carbón es transparente mientras que el azufre, el iodo y el fósforo son opacos.

Interponiendo un miembro entre la pantalla y el tubo obsérvase que las partes carnosas son atravesadas por la radiación mientras que los huesos proyectan sombra sobre la pantalla. Explícase el fenómeno porque el tejido óseo es de densidad superior a los tejidos que lo rodean y además porque en su composición encierra fósforo.

Los rayos X se propagan en línea recta pudiendo comprobarse por la formación de sombras sobre la pantalla fluorescente o sobre la placa fotográfica.

La intensidad y por tanto su actividad sobre las superficies sensibles varía en razón inversa del cuadrado de las distancias.

Los rayos X no se reflejan, ni se refractan, no interfieren, ni se polarizan.

Descargan a los cuerpos electrizados aun cuando la ac-

ción no sea directa. Así Perrin colocando delante del tubo una pantalla opaca a los rayos X y detrás de ella un cuerpo electrizado observó que al poco tiempo el cuerpo había perdido su electricidad especialmente si la carga es negativa.

Los rayos X no producen acciones térmicas ni son accionados por un campo magnético.

Al propagarse en el aire o encontrar en su camino diferentes sustancias, dan origen a rayos secundarios y terciarios de análogas propiedades.

Los rayos X nacen al nivel de la pared de la ampolla chocada por los rayos catódicos donde se manifiesta la fluorescencia, región que recibe el nombre de *articatódica.*

Si en el tubo de Crookes introducimos una lámina de platino, de manera que caigan sobre ella los rayos catódicos, se desprenderán de ella rayos X. Estos tubos reciben el nombre de tubos *focus.*

PRODUCCIÓN DE RAYOS X

Para la producción de rayos X es necesario una fuente de electricidad de potencial elevado como la máquina de Holtz o una bobina de Ruhmkorff.

Bobina. — Generalmente se emplea una bobina de alguna potencia que pueda dar chispas de 25 o 30 centímetros y cuyo alambre inductor esté recorrido por una corriente de 8 a 10 amperios hecha intermitente por un buen temblador.

Se asienta a la bobina en un pan de parafina para aislarla mejor.

El interruptor es uno de los órganos esenciales del dispositivo; existen varios modelos entre los cuales se usa con preferencia, el llamdo *electrólito de Wehuelt* que consiste, esencialmente, en una vasija conteniendo agua acidulada al décimo con sulfúrico, en ella penetran dos electrodos, uno de gran superficie de plomo y otro de menor, consistente en un hilo de platino que sobresale 2 o 3 milímetros de un tubo de vidrio al que está soldado.

En esas condiciones pasando una corriente de 40 a 50 vol-

tios de agua es descompuesta y si el polo positivo está ligado al platino, se produce alrededor de él un desprendimiento de oxígeno que producirá en la corriente interrupciones muy rápidas de 1200 a 1700 por segundo. Si el sistema se interpone en tensión en el circuito del primario de la bobina, ésta será excitada mejor que con los mejores tembladores.

Calentando el electrólito se pueden utilizar corrientes de 20 voltios.

La excitación de los tubos de Crookes puede practicarse con máquinas electroestáticas de alto potencial como la de Holtz, Bonetti, etc.

Tubos de Crookes. — Existen varios modelos de tubo de Crookes, entre ellos: el tubo de *Colardeau* constituido por dos electrodos colocados en un tubo de pequeño diámetro; el anodo está inclinado 45° sobre el eje del catodo, delante del anodo la pared del tubo presenta una dilatación hemiférica cuya pared delgada es fácilmente permeable para los rayos X.

Otro modelo muy difundido afecta la forma de globo cuyo cuello encierra al electrodo negativo; sobre la pared opuesta hay dos tubos ensanchados que libran pasaje a dos conductores, uno de los cuales está situado frente al catodo y termina en un disco de platino inclinado 45° sobre el cual chocan los rayos catódicos y por lo cual recibe el nombre de *anticatodo;* el otro conductor ligado exteriormente al primero constituye el anodo, pero como en realidad existen dos anodos en este tubo se le ha llamado *bianódico.*

Los tubos de Crookes cuando han sido usados por algún tiempo se vuelven resistentes, lo que se nota por su coloración y por la dificultad que presentan las descargas para efectuarse entre los electrodos.

Esa resistencia proviene de la disminución de la presión interior que acarrea un vacío mayor y entonces las moléculas gaseosas que quedan en el interior del tubo son absorbidas por el metal de los electrodos y por las paredes del tubo reblandecidas, siendo preciso para regenerar el tubo ponerlo en la estufa a fin de que al reblandecerse a temperatura más elevada y uniforme, desaparezcan las rugosidades que retie-

nen las burbujas de gas, o si no rodearlo con un alambre delgado unido por un conductor grueso a un manantial eléctrico capaz de producir la incandescencia.

Para evitar estas operaciones enojosas se han construído, entre otros, el tubo *osmo regulador* de Villard y el tubo *focus regulador* de Ducretet.

El tubo, o mejor dicho, la disposición especial ideada por Villard, consiste en la adición a la ampolla de Crookes, de un tubo estrecho de platino que se coloca en un tubo lateral de vidrio soldado a la ampolla.

Si por medio de un mechero de Bunsen calentamos directamente el tubo de platino, el hidrógeno de la llama penetra por osmosis en el tubo de platino y de allí al interior de la ampolla; de esta manera, al cabo de algunos segundos, desaparece el aumento de resistencia.

Si quisiéramos practicar la operación inversa, es decir, aumentar el grado del vacío interior, lo conseguiríamos rodeando al tubo con una vaina de platino delgada que le aislaría de la llama dejando circular libremente el aire. Cuando la vaina se ha calentado, las moléculas de hidrógeno de la ampolla salen al exterior en virtud de la osmosis a través del tubo de platino, calentado indirectamente, y de las leyes de Graham relativas a las densidades de los gases sometidos a las osmosis.

El tubo focus regulador de Ducretet es una ampolla de Crookes, cuyo anodo tiene la forma de anillo y está muy próximo al catodo para disminuir la resistencia al paso de la descarga, además lleva un apéndice que contiene carbón para absorber el gas o potasa cáustica que al calentarse desprenden la cantidad necesaria de gas para normalizar la producción de rayos X.

En resumen, el tubo de Ducretet es un tubo de anodo anular y regulador de vacío.

OPACIDAD Y TRANSPARENCIA DE LOS CUERPOS A LOS RAYOS X

Ya expresamos antes que de una manera general los cuerpos parecen obedecer a las reglas siguientes:

1.° La opacidad varía con la naturaleza del cuerpo.

2.° La opacidad es tanto mayor cuanto mayor sea la densidad del cuerpo; y

3.° La opacidad para un mismo cuerpo aumenta con su espesor.

Prácticamente puede considerarse como transparentes a los rayos X, el papel, el agua, la ebonita, la madera con relación a los metales que, exceptuando al aluminio, son opacos hasta en espesor pequeño.

El carbono, bajo sus diversos estados, es más transparente que los otros metaloides sólidos, fósforo, arsénico, iodo, etc.

Los compuestos orgánicos, compuesto de *C, H, O, Az* son transparentes.

Si en la molécula orgánica se introduce una molécula metálica o metaloidea opaca, la transparencia disminuye así: la urea es transparente y el iodoformo relativamente opaco.

Algunos autores han observado recientemente que la opacidad de los metales para los rayos X guarda relación con su peso atómico, y que la misma se conserva en las sales distintas que forman, es decir, que esta propiedad permanece constante para el mismo número de átomos del mismo metal, ya sea al estado libre o al estado de combinación.

Así por ejemplo, producirá igual efecto una capa de plomo delgada que una capa de sulfato, nitrato, etc., de más espesor pero que contenga el mismo número de átomos que en la de metal libre.

Benoist ha llegado a establecer que esta relación de la opacidad específica de los cuerpos simples con los pesos atómicos, es una función determinada y en general creciente.

Por lo tanto, si escogemos como tipo a una lámina de parafina y expresamos en una gráfica los resultados de sus determinaciones con los pesos atómicos como abscisas y el equivalente de transparencia del cuerpo como ordenada, podemos utilizar la curva de isotransparencia resultante para la determinación del peso atómico de cualquier cuerpo, con sólo conocer su espesor, que produce igual opacidad para los rayos X que el cilindro patrón de parafina.

El resultado de la determinación del peso atómico, en ma-

nos experimentadas, aventaja a otros métodos, como el que se deriva de la ley de Doulong y Petit en el que influye el modo de agrupación molecular, estado físico y temperatura.

RADIOSCOPÍA

El aparato indispensable para practicar este método de observación o exploración por los rayos X, es una *pantalla fluorescente.*

Las pantallas fluorescentes se construyen con los cuerpos que poseen la fluorescencia en alto grado, como el tungstato de calcio, el fluoruro doble de uranio y de amonio y el platonocianuro de bario que sirvió a Roetgen para el descubrimiento de los rayos X.

Generalmente se emplea el platonocianuro reducido a polvo fino y extendido sobre un cartón que se protege por uno de sus lados con un cristal y por el opuesto con una hoja de papel negro.

Para efectuar un examen radioscópico es necesario una cámara obscura.

Se puede disponer todos los aparatos, bobina, tubo, pantalla, sujeto en la cámara o bien se puede colocar delante de una hoja de aluminio el tubo de Crookes y la bobina y colocar la pantalla y el sujeto en la obscuridad.

Antes de empezar la observación, es necesario conseguir la *continuidad de luminiscencia* de la superficie fluorescente, para lo cual se hace necesario regular la velocidad del temblador en las bobinas o la longitud de las chispas si empleamos las máquinas estáticas.

Conseguido lo anterior, se procurará dar al manantial eléctrico una condición tal, de manera que la iluminación de la sustancia fluorescente sea lo mayor posible.

Entonces puede colocarse el sujeto a observar, entre la ampolla de Crookes y la cara posterior de la pantalla.

RADIOGRAFÍA

La radiografía consiste en fijar de una manera permanente sobre una placa fotográfica a la imagen obtenida sobre la pantalla fluorescente.

El principio fundamental del método consiste en la sustitución de la pantalla fluorescente por una placa sensible, cuya emulsión de platino - bromuro de plata, mira al sujeto y al tubo de Crookes.

Los clichés que pueden obtenerse son *negativos* o *positivos*.

Para obtener una radiografía, se dispone la ampolla de Crookes a cierta distancia de un chasis fotográfico, cubierto con una lámina de aluminio para evitar que la luz exterior impresione a la placa fotográfica; sobre el chasis y en contacto con la lámina de aluminio se coloca, por ejemplo, el órgano cuyos huesos se han de fotografiar y se hace funcionar el tubo, durante un tiempo más o menos largo según sea el espesor de las partes blandas que los rayos han de atravesar.

Revelada y fijada la placa por los procedimientos corrientes, aparecen transparentes los huesos y partes no atravesadas por las radiaciones y en negro las transparentes a las mismas; con este negativo y por los procedimientos usuales de fotografiar pueden obtenerse *positivos*.

Además de las aplicaciones de los rayos X para la observación y el diagnóstico, podemos citar la aplicación a la diagnosis de las piedras preciosas, a la distinción del sexo en las crisálidas del *Bombyx mori*, al examen de los combustibles, a la observación de la pureza de la seda, sin entrar en las aplicaciones terapéuticas que tal vez sean una esperanza de futuro cuando se conozca la naturaleza de las radiaciones y se tenga experiencia sobre su acción y reacciones sobre la célula viviente.

Cuando estudiemos las radiaciones en general nos detendremos en considerar lo que en la actualidad parece demostrado; que una lámina de platino recubierta con una capa de un sulfuro metálico, colocada en el interior del tubo Crookes, determina una transformación de los rayos catódicos en rayos

X, los cuales al chocar contra una superficie metálica se transforman en radiaciones de otra especie, conocidas con el nombre de rayos S.

EFECTOS QUÍMICOS

La chispa eléctrica determina la combustión o sea la combinación del combustible con el oxígeno del aire.

En el llamado pistolete de Volta se hace combinar al hidrógeno con el oxígeno, ocurriendo algo análogo en los eudiometros.

EFECTOS FISIOLÓGICOS

Al estado neutro, la electricidad, no afecta a nuestro sentido.

Al recombinarse a través de nuestro organismo ocasiona sensaciones más generales que las producidas por la luz o el calórico.

Según los nervios por donde la electricidad se transmite puede ocasionar sensaciones tactiles, olfatorias, gustativas, sonoras o lumínicas contrayendo a los músculos.

ELECTRICIDAD DINÁMICA

Corriente eléctrica y condiciones indispensables para su existencia: fuerza electromotriz

La *corriente eléctrica* se ha asimilado convenientemente a un flujo de electricidad que atraviesa el conductor. Este flujo sólo puede producirse a expensas de un gasto de energía que lo conserva; energía que puede provenir del trabajo mecánico, calor, etc., según el medio empleado para conseguir el *potencial constante.*

La energía eléctrica conseguida así, es una verdadera transformación de otra energía. — El aparato en que esta trans-

formación se produce recibe el nombre de *fuente eléctrica* o *generador de electricidad.*

El más sencillo y antiguo de los generadores de energía eléctrica es la *pila hidro-eléctrica,* Volta 1800; fundada en la transformación de la energía potencial química en energía actual eléctrica.

Inmergiendo dos metales en un líquido que los ataque de manera desigual y uniéndolos por un conductor metálico, en este conductor se manifestarán una serie de fenómenos apreciables por sus efectos caloríficos, luminosos, mecánicos, etc. A este fenómeno conocido por sus manifestaciones exteriores se le llama corriente eléctrica y que como más arriba expusimos puede parangonarse con un flujo que en el exterior va del metal menos atacado (polo positivo o polo +) al que lo es más (polo negativo o polo —).

La corriente eléctrica persiste mientras exista el metal atacado y el líquido atacante por lo que respecta al principio que tratamos de explicar, pues no deben olvidarse las causas de la *polarización* de las pilas.

La causa que establece la corriente eléctrica en el conductor y que por consiguiente tiende a mantener la diferencia de potencial en sus extremos se llama *fuerza electro-motríz.*

La fuerza electro-motríz según acabamos de expresarlo es la causa de la corriente eléctrica, así como la fuerza es la causa del movimiento, en mecánica.

Se ha determinado por convencionalismo, que la corriente circula en un conductor desde el punto en que el potencial es más alto al punto en que el potencial es menor. En un conductor cuyas dos extremidades se hallen al mismo potencial no hay corriente.

Las diversas acciones producidas por la corriente eléctrica dependen de su magnitud o de su *intensidad,* la que a su vez depende de la fuerza electro-motriz del generador eléctrico y de la *resistencia* u obstáculo que el conductor opone al paso de la corriente.

Entiéndese por *circuito eléctrico* a el camino recorrido por la corriente eléctrica.

Experiencia de Galvani y teoría de Volta

Galvani, célebre fisiólogo, observó que poniendo en contacto por medio de un metal a los nervios lumbares con los músculos crurales de una rana, muerta recientemente, se producían contracciones análogas a las que ejecutaría el batracio si estuviera vivo.

Desde el primer momento supuso Galvani, que el hecho era debido a la electricidad animal, considerando que existían dos electricidades contrarias, una en los nervios y otra en los músculos y que el animal constituía un condensador que se descargaba por el arco metálico.

Volta, físico ilustre, no conforme con esta explicación atribuyó el fenómeno al contacto de los dos metales que formaban el arco y en apoyo de su teoría construyó una *pila* de rodajas de zinc y cobre separadas por paños con agua acidulada.

Finalmente, Fabroni, y según parece con prioridad Davy, supusieron que la producción de electricidad era debida a la acción química del agua acidulada sobre el zinc.

De esta experiencia data el generador de energía eléctrica llamado *pila* y que puede definirse, como ya lo dijimos, diciendo que es un aparato (voltametro) en que se ejercen acciones químicas por las que se transforma la energía química en energía eléctrica.

Podemos también definir a las pilas en general como aparatos destinados a producir electricidad dinámica por medio de las acciones químicas o de las acciones térmicas.

Desígnase con el nombre de *elemento Voltaico* o *par* al conjunto de cada dos metales y el ácido o líquido activo, en las pilas hidroeléctricas.

Por *par termo-eléctrico* compréndese al conjunto de dos barras soldadas en los extremos en las pilas termo-eléctricas.

Los puntos extremos donde se acumulan las electricidades contrarias se llaman *polos* y reciben el nombre de *anodo* y *catodo* o polo *positivo* y polo *negativo*.

Los *reoforos* o *electrodos* son los alambres conductores

que dan paso a la corriente cuando se ponen en contacto y en cuyo caso se dice que el circuito está cerrado.

TEORÍA DEL CONTACTO

Para Volta, el contacto de dos metales origina una fuerza electromotriz susceptible de mantener separadas las dos electricidades en cada uno de los metales.

En el caso del cobre y del zinc, el cobre sería electro negativo y el zinc electropositivo.

La diferencia de potencial o su sinónimo fuerza electro motriz subsiste cualquiera que sea la electricidad comunicada al par.

Así representando por X y dándole una cantidad determinada de electricidad positiva $+ a$ esta cantidad quedará repartida por los dos metales de manera que al principio tendrá $+ x$ y después $a - x$.

Disponiendo, entonces un segundo par sobre el primero las dos fuerzas electromotrices se suman y en general se multiplican con el número de pares iguales.

La teoría del contacto no puede explicar la producción de corriente continua, puesto que sólo el simple contacto puede determinar la diferencia de potencial, pero no desarrollar la energía de una manera definida.

TEORÍA ELECTROQUÍMICA

El contacto de dos cuerpos determina siempre una alteración en el equilibrio eléctrico, pero la causa de la continuidad de la corriente es otra manifestación de la energía que puede ser *mecánica,* como acontece al unir los polos en la máquina de Holtz o *calorífica,* como en las pilas termoeléctricas, o *química,* como en las pilas hidroeléctricas donde es originada por la acción del ácido sobre el metal, contrariamente a la suposición de Volta que no le atribuía otra acción que la de conductor simple de la electricidad desarrollada por la diferencia de potencial debida al contacto de los metales.

Puede probarse experimentalmente y son bien conocidas las reacciones químicas que engendran electricidad, así los ácidos y metales como en el caso de la pila de Volta; los metales y los óxidos en el caso de la potasa cáustica, cobre y zinc, o cuando reaccionan los ácidos y los óxidos.

Faraday, basándose en estos experimentos enunció: *que la corriente eléctrica es una acción química en movimiento*, que se produce mientras la reacción química existe, que cesa cuando ésta termina y por lo tanto la corriente lleva consigo toda la energía que es capaz de desplegar aquélla en cualquier punto del conductor.

En la hipótesis de dos electricidades, éstas se acumulan en los dos polos — que si los representamos por $(+A)$ y $(-B)$ y al hilo intermedio por *m*, *n*. . . ; las electricidades se acumularían según lo indica el siguiente diagrama:

+ A [− + − + (m) (n) .... − + − +] − B −

Es decir, llegando la positiva de la molécula próxima al polo negativo a neutralizar la del mismo, así como la negativa del extremo opuesto se dirige al polo positivo. Cuando ésto se verifica hay neutralización de electricidades entre cada dos moléculas sucesivas, según indican las llaves y volverá a producirse una nueva polarización eléctrica, que en último término da origen a dos corrientes, una de electricidad positiva dirigida al polo negativo y otra contraria dirigida hacia el polo positivo.

En la actualidad se sustenta la hipótesis de las superficies equipotenciales.

Así, se supone, que al reunir los polos por un alambre se constituyen en superficies equipotenciales las secciones normales al eje y la fuerza actúa, entonces, según la dirección de éste impeliendo a la electricidad en sentido de los potenciales decrecientes, es decir, del polo positivo al polo negativo.

PILA DE VOLTA

La pila de Volta está formada por una columna constituída por discos superpuestos de zinc y cobre, separados por una rodaja de paño impregnada de agua acidulada.

Esta disposición primitiva tiene inconvenientes entre los cuales resaltan: la desecación de las rodajas de paño, el flujo de líquido por el exterior de la columna y la *polarización* de los electrodos por acumulación de hidrógeno en los discos de cobre.

Tendiendo a evitar estos inconvenientes se han construído posteriormente: la pila de *artesa,* la de *corona* y la de *Wollaston.*

PILA DE ARTESA

Está formada por una caja prismática de madera, con tabiques formados de láminas de cobre y zinc soldadas, dejando intervalos en los que se coloca agua acidulada.

PILA DE CORONA

Está constituída por una serie de tiras de cobre y de zinc arqueadas convenientemente de manera que puedan sumergirse en un vaso con agua acidulada.

PILA DE WOLLASTON

Esta pila, cuya resistencia interior es débil, está formada por una plancha de zinc de algún espesor, rodeada por ambas caras de una lámina de cobre separada del zinc por travesaños de madera.

INTENSIDAD DE LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS

Manteniendo abierto el circuito de una pila Volta, oríginase entre sus polos una diferencia de potencial análoga a la que existe entre las armaduras de un condensador.

Uniendo los reoforos de manera que el circuito se cierre se manifiesta una corriente tanto en el interior como en el exterior de la pila. Puede expresarse entonces que hay un transporte de electricidad que va del polo positivo al polo negativo por el circuito exterior y en sentido contrario por el interior de la pila.

La corriente expresada es tanto más enérgica cuanto mayor sea la cantidad de electricidad que transporta en igual tiempo, por cuyo motivo se ha definido la *intensidad* eléctrica diciendo que es la cantidad de electricidad que atraviesa en la unidad de tiempo (segundo) una sección cualquiera del circuito.

La unidad que sirve para medirla se llama *ampere* o *amperio* y por el momento, diremos que es la corriente que transporta en un segundo la unidad de masa eléctrica (*Culomb Culombio*).

LEY DE OHM

En la pila cuando el circuito está cerrado y no se produce trabajo exterior, la intensidad de la corriente depende sólo de la fuerza electro-motriz de la pila y de la resistencia que opone el circuito al paso de la electricidad.

Ohm en 1827 basándose en consideraciones matemáticas descubrió la ley que lleva su nombre. Algunos años más tarde el físico Pouillet evidenció, como veremos más adelante, la verdad de esa ley.

Demostrado por los físicos citados que para un circuito cuya resistencia total sea invariable, la intensidad de la corriente es directamente proporcional a la fuerza electromotriz y que para una misma fuerza electromotriz está en razón inversa de la suma de las resistencias de la pila y del hilo interpolar; Ohm dedujo su ley, que dice:

La intensidad de una corriente que atraviesa a un circuito eléctrico, es proporcional a la fuerza electromotriz que la produce, e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica del circuito que atraviesa.

Enunciado que puede representarse por la fórmula

$$I = \frac{E}{R}$$

Esta ley es general y aplicable aunque el generador no sea una pila y puede también representarse geométricamente de una manera sencilla, con solo trazar una recta cuya longitud sea proporcional a la resistencia total del circuito, levantando perpendiculares en sus extremos de longitudes proporcionales a los potenciales absolutos de los polos del generador, uniendo sus extremidades por medio de una recta que será la que representa las variaciones de la fuerza electromotriz en toda la extensión del circuito y que dará idea de la intensidad de la corriente por su inclinación sobre el eje de las resistencias.

Pouillet demostró la ley de Ohm por medio del galvanómetro diferencial y dos pares termoléctricos idénticos, cuyo circuito estaba formado por alambres del mismo metal y de diámetro igual.

En ese caso, si las longitudes recorridas por la corriente están expresadas por l^1 l^2; y las respectivas intensidades por i^1 e i^2 será preciso arrollar sobre el bastidor del galvanómetro n^1 veces al primer alambre y n^2 al segundo, siendo estos números de vueltas proporcionales a l^1 y l^2 a fin de que la aguja permanezca en el cero, o bien tendríamos:

$$i' \; n' = i^2 n^2$$

de donde

$$\frac{i'}{i^2} = \frac{n^2}{n'} = \frac{l^2}{l'}$$

luego la *intensidad de la corriente está en razón inversa de la longitud del circuito.*

Si los alambres fueran de igual longitud pero de diámetro o sección diferentes s^1 y s^2 sería preciso dar un número de vueltas n^1 y n^2 inversamente proporcionales a las secciones, a fin de conseguir igualar la acción en sentido opuesto de las corrientes sobre la aguja del galvanómetro:

$$i' \; n' = l^2 n^2$$

y por lo tanto

$$\frac{l'}{l^2} = \frac{n^2}{n'} = \frac{s'}{s^2}$$

fórmula que indica *que la intensidad de la corriente es directamente proporcional a la sección.*

Así que, si E es la fuerza electromotriz, podremos representar a la intensidad I de la corriente que pasa por un cilindro cualquiera de conductibilidad c por la fórmula:

$$I = E \frac{c\,s}{e} = \frac{E}{R}$$

RESISTENCIA DE LOS CONDUCTORES

Llámase resistencia de un conductor a la dificultad que opone al paso de la corriente eléctrica.

La resistencia es:

$$R = \frac{E}{I}$$

que se define como la relación de la diferencia de potencial en los extremos de un conductor, a la corriente que lo atraviesa.

Experimentalmente se demuestra que un conductor homogéneo, de naturaleza dada y de sección uniforme, la resistencia es proporcional a la longitud inversamente proporcional a la sección y proporcional a un factor dado que es la *resistencia específica* del conductor.

La resistencia específica es peculiar para cada cuerpo conductor y depende de su composición química, estado físico, temperatura y presión.

Si llamamos l a la longitud del conductor de sección uniforme s y r a su resistencia específica, su resistencia R será:

$$R = r\frac{l}{s}$$

La inversa de la resistencia específica es la *conductibilidad específica*:

$$c = \frac{l}{r}$$

de donde

$$r = \frac{l}{c}$$

y

$$R = \frac{l}{sc}$$

Dos conductores son equivalentes eléctricamente, cuando su resistencia total es la misma :

$$R = r\frac{l}{s} = r'\frac{l'}{s'}$$

o la que es lo mismo:

$$\frac{l}{sc} = \frac{l'}{c's'}$$

La *resistencia total* del circuito de una pila se descompone en *resistencia exterior* que es la que opone el conductor exterior.

Resistencia interna que es la opuesta por el líquido diluyente del excitador y los electrodos atacado y no atacado.

Para enunciar las dos resistencias en la fórmula de la ley de Ohm la escribiremos entonces:

$$I = \frac{E}{R + r}$$

La resistencia interna de la pila disminuye con el aumento de superficie de los electrodos y con la disminución de la distancia que los separa.

Así con sólo descomponer, a la resistencia *R*, en la fórmula de Ohm, en dos sumandos $R + r$ que corresponden a la resistencia externa e interna, Pouillet pudo generalizar la ley de Ohm, comprobando su exactitud por medio de la brújula de las tangentes.

Para ello intercaló entre los polos de una pila Daniell primero el alambre de un galvanómetro, de resistencia conocida l y luego otras resistencias l', l^2, l^3... anotando la desviación de la aguja que, en cada caso, da la medida de la intensidad I, I^1, I^2, I^3... y cuyos valores según la fórmula serán:

$$I = \frac{E}{r' \, l} \quad I' = \frac{E}{r' + l + l'} \quad I^2 = \frac{E}{r' + l + l^2} \ldots\ldots\ldots$$

Tomadas estas ecuaciones, de dos en dos, permiten eliminar la E y despejar r, resultando siempre con el mismo valor y por lo tanto la resistencia interna puede asimilarse a la que ofrece el circuito exterior y resultando cierta la fórmula

$$I = \frac{E}{r + r'}$$

También puede emplearse el electrómetro, que directamente mide la diferencia de potencial entre dos puntos del circuito; así llamando V y V' al potencial de los polos de pila, después de establecida la corriente tendremos:

$$V - V' = E - 1\, r'$$

fórmula que nos sirve para dar una demostración más directa de la ley de Ohm, siempre que antes hayamos practicado las medidas necesarias para comprobar su certeza.

CONSECUENCIAS DE LA LEY DE OHM

Esta ley aplicada a un solo elemento, llega a poner en evidencia:

1.° Que el potencial en los polos es mayor cuando la pila está aislada que cuando circula la corriente, puesto que:

$$E = Ir + Ir';$$

de donde

$$E - Ir' = 1r';$$

es decir, que la diferencia expresada por el primer miembro, llamándola e será la fuerza electromotriz mientras circula la corriente, la cual, siempre menor que E puede llegar a anularse cuando $r = o$ en el caso que el circuíto exterior esté reducido a un alambre corto y grueso.

2.° Que la disminución del potencial a lo largo del conductor puede explicarse suponiéndole dividido en porciones r^1 r^2 y la fuerza electromotriz.

$$e = I(r' + r^2 \ldots\ldots + rn)$$

y llamando a los puntos D^1 D^2 el potencial en D sería dado por la expresión:

$$e' = e - Ir' = I(r^2 + \ldots\ldots rn)$$

para D habría que restar dos términos y así sucesivamente comprobaría que los potenciales van decreciendo. De esto resulta una representación gráfica del potencial del conductor, representando en un eje horizontal al circuito y por ordenadas las potenciales correspondientes a cada uno de sus puntos, de esta manera:

$$I = \frac{V_D - V_{D'}}{r'}$$

dará el valor del coeficiente angular de la recta que repre-

senta los potenciales la cual corta a la línea en un punto de potencial O pasando a potenciales negativas a medida que nos acercamos al polo negativo.

ACOPLAMIENTO DE PILAS

Los elementos que constituyen a la pila pueden acoplarse de tres maneras distintas.

En tensión o en serie; uniéndolos por su polos contrarios.

En cantidad o en batería; uniéndolos por sus polos del mismo nombre.

En acoplaje mixto; uniendo por grupos cierto número de elementos en tensión o serie y las pilas parciales, así resultantes, uniéndolas en cantidad o batería.

Pilas en tensión; si las pilas se unen en serie y todos los elementos son iguales, tendremos: $E = n\ e$, n es el número de elementos y e la fuerza electro - motriz, de cada uno de ellos; y $R = n^r$, siendo r la resistencia interna de cada uno, así tendremos por la ley de Ohm:

$$I = \frac{n e}{n r + r'}$$

llamando r' a la resistencia exterior.

Pilas en cantidad; en este caso de acoplamiento.

$$E = e \text{ y } R = \frac{r}{n}$$

por lo tanto la fórmula será:

$$I = \frac{e}{\frac{r}{n} + r'} = \frac{ne}{r + n r'}$$

Acoplamiento mixto; en este caso pueden agruparse los elementos de distintas maneras: sea n el número de elementos, se pueden acoplar en q baterías y estas q baterías

cada una de p, elementos, se unen en serie: tendremos que $p\ q = n$ y en este caso hallaremos; que

$$E = p\,e \text{ y } R = \frac{pr}{q}$$

y por lo tanto

$$I = \frac{p\,e}{r' = \frac{p\,r}{q}} \text{ y como } q = \frac{n}{p}$$

tendremos:

$$I = \frac{pe}{r' + \frac{p^2\,r}{n}}$$

De estas fórmulas se deduce cual es la disposición que mejor conviene dar a los elementos de una pila para producir un efecto dado y vencer una resistencia determinada.

La regla general para el acoplamiento está enunciada así: el efecto máximo de una pila se logra cuando la resistencia exterior es igual a la resistencia interna.

$$\frac{p^2\,r}{n} = r'$$

Con las fórmulas anteriores puede determinarse la resistencia de un galvanómetro para que presente el máximum de sensibilidad en un circuito dado; las constantes de la pila; las resistencias y las conductibilidades eléctricas y las corrientes derivadas.

Las *corrientes derivadas* se rigen por las leyes de Kirchkoff.

1.° *La suma algebráica de las corrientes que atraviesan a varios conductores concurrentes a un punto común es igual a cero.*

Se consideran positivas a las corrientes que se aproximan al punto común y negativas a las que se alejan.

2.ª *En un sistema de conductores que constituyen un circuito cerrado la suma de los productos de la resistencia de cada conductor por la intensidad de la corriente que lo atraviesa es igual a la suma algebráica de las fuerzas electromotrices que actúan en el circuito cerrado.* Se consideran positivas a las fuerzas electromotrices que tienden a aumentar la intensidad de la corriente y negativas las que tienden a disminuir esa intensidad.

Aplicadas las leyes de Kirchkoff a un sistema cerrado en el que las fuerzas electromotrices y las resistencias permanecen constantes; las intensidades permanecerán constantes, constituyendo lo que se llama *régimen permanente.*

Si las corrientes son *periódicas o variables,* las leyes de Ohm y de Kirchkoff se aplican igualmente con solo hacer intervenir las fuerzas electromotrices que actúan en el circuito en un *momento dado* así como las intensidades en el *mismo momento.*

Una de las aplicaciones más sencillas de las leyes de Kirchkoff es para resolver el problema del *reductor* o *shunt.*

Entiéndese por *shunt* a todo conductor que en un circuito cerrado une dos de sus puntos para disminuir en proporción conocida la intensidad de la corriente.

El shunt sirve para proteger aparatos que sólo admiten corrientes débiles, como los galvánometros.

Este problema del shunt consiste sencillamente en calcular las intensidades de las corrientes que pasan por los dos circuitos con la aplicación de las leyes anteriores; deducir que están en razón inversa de las resistencias respectivas, así, cuanto más débil deba ser la corriente que pase por el aparato, menor será la resistencia del hilo conductor que sirve de puente.

EFECTOS CALORÍFICOS DE LA CORRIENTE

Cuando la corriente eléctrica atraviesa a un conductor metálico, su temperatura se eleva al principio, pudiendo llegar a fundirse y aún a volatilizarse según sea su diámetro.

La corriente proporcionada por una pila de 40 elementos de Bunsen, puede llegar a fundir y volatilizar hilos delgados de plomo, estaño, plata, oro, cobre, zinc, platino, hierro, etc.

Leyes de Joule

Joule demostró que la cantidad de calor Q producida por la corriente puede expresarse en función de la intensidad I, la resistencia *total* del circuito R y el tiempo t, por medio de la fórmula:

$$Q = A I^2 R t$$

A es una constante o coeficiente parásito que es igual a la recíproca del equivalente mecánico del calor.

$$A = \frac{1}{E}.$$

Esta fórmula de Joule nos indica:

1.° *Que la cantidad de calor desarrollada por la corriente eléctrica es proporcional al cuadrado de su intensidad.*

2.° *Que la cantidad de calor desarrollada es proporcional a la resistencia del circuito y al tiempo que dura el pasaje de la corriente.*

El factor R representa a la resistencia total como digimos antes; es decir, la resistencia exterior del circuito más la resistencia interna de la pila.

Cuando la resistencia exterior es muy grande el calórico se aleja de las pilas, reconcentrándose en ellas cuando los polos están unidos por un alambre corto y grueso.

Joule determinó experimentalmente sus leyes valiéndose del calorímetro de Fabre, por medio del cual pudo valorar el calórico desprendido en un hilo de resistencia conocida por una corriente de intensidad también conocida.

También Joule ha demostrado que el calor desarrollado es proporcional al número de equivalentes de zinc gasta-

dos en la producción de la corriente y también que es evidente que la corriente transporta a los distintos puntos del circuito proporcionalmente a la resistencia que ofrecen, el calórico desprendido por las acciones químicas.

Fabre y Silvermann con su calorímetro de mercurio, llegaron a probar que el calórico producido por la oxidación del zinc y formación del sulfato es de 18.796 pequeñas calorías por equivalente de zinc disuelto y que estas calorías se hallan integramente en los circuitos exterior a interior de la pila.

Consecuencias de la ley de Joule

1.° Sustituyendo en la fórmula general

$$Q = A\, I^2\, R\, t$$

al factor I por su valor según la ley de Ohm $\frac{E}{-}$ resultará para el calor desarrollado durante un segundo:

$$Q = A\, I\, \frac{E}{R}\, R = A\, E\, I$$

o bien,

$$T = E\, I$$

expresión que nos indica que el trabajo eléctrico está representado por el producto de la fuerza electromotriz por la intensidad que se expresará en *Joules* (Julios) cuando E esté dada en *volts* (voltios) e I en *Coulombs* (Coulombios) y expresado en *vatíos* (watts) para designar la potencia, producto de un volts por un coulombio por segundo.

2.° Teniendo presente que la ley de Ohm expresa:

$$I = \frac{E}{r' + r} \text{ ó } E = I\, r' + I\, r.$$

$$I\, r' = E - e$$

Multiplicando por I

$$I^2 r' = (E - e) I$$

que nos indica que una parte de la energía total EI se pierde, transformándose en calórico, al pasar la corriente por el interior de la pila.

Análogamente:

$$e I = E I - I^2 r'$$

o lo que es lo mismo que la energía disponible o útil que recorre el circuito externo, es la diferencia entre la total y la que se pierde al atravesar el interior de la pila.

Después veremos que esa parte útil, puede emplearse transformándola en calor, luz, energía química o en trabajo mecánico.

Efecto de Peltier

Cuando la corriente eléctrica atraviesa dos barras de metal distinto soldadas por su extremo según la ley de Joule debiera desprenderse calor; cosa que sucede en efecto, pero si la soldadura se calienta cuando la corriente se dirige en un sentido se enfría al dirigirse en un sentido contrario.

Tal es, a grandes rasgos, el fenómeno conocido bajo el nombre de efecto de Peltier, su descubridor.

Efecto de Thomson

Cuando en un conductor hay algunos puntos a temperatura distinta, aunque se hallen en estado de equilibrio eléctrico, no tienen igual potencial.

Así considerando un punto intermedio en una barra a mayor temperatura que la de los extremos, siendo la misma en estos dos, acontece que el potencial crece en el sentido de la corriente desde un extremo hasta el sitio de

mayor temperatura y decrece en la misma cantidad desde el punto al extremo opuesto.

La electricidad absorbe calor en el mismo sentido y desprende igual cantidad desde el sitio al otro extremo así que, hay transporte aparente de calor en el sentido del de la corriente.

En el hierro los efectos son contrarios, es decir, que el transporte tiene lugar en dirección opuesta a la corriente.

En todos los metales puede observarse el fenómeno de Thomson exceptuando en el plomo.

Efectos luminosos de la corriente eléctrica

La incandescencia del platino y la producción del arco voltáico son los dos efectos luminosos más importantes producidos por la corriente eléctrica.

ARCO VOLTAICO

Es producido por el pasaje de la corriente por los dos extremos de carbón conductor de los electrodos.

Para su producción es necesario poner en contacto los dos carbones que se vuelven incandescentes y si se separan poco a poco originan un foco de gran intensidad luminosa debido a la incandescencia de un conductor gaseoso muy resistente que contiene partículas sólidas de carbón muy dividido.

El arco voltáico se debe a la volatilización y transporte de moléculas de carbón de uno a otro polo.

Es mayor el transporte de moléculas del polo positivo al polo negativo, que el de éste a aquél.

Empléase el arco voltaico como foco poderoso de luz; para el examen espectroscópico y en el horno eléctrico de Moissan con el cual consiguió este autor preparar el *carbo-silicio* o *carborundum* compuesto cristalino de silicio y carbono cuya pureza es muy próxima a la del diamante.

LUZ INCANDESCENTE

Es producida por el pasaje de la corriente a través de un cuerpo refractario, en cuyo caso se produce calórico.

Los conductores son de carbón que es menos fusible que el platino o el iridio y que opone gran resistencia al paso de la corriente.

Para esta ley las lámparas pueden colocarse al aire libre o en vasos cerrados, pero es más ventajosa esta última forma que evita la usura del hilo de carbón en el aire.

Puede calcularse que el gasto de cada lámpara es de 3 a 5 *watts* por bujía.

CORRIENTES TERMOELÉCTRICAS

Llámanse así a las corrientes producidas por la acción del calor en circunstancias determinadas.

Fueron estudiadas por Seebeck en 1821, quien demostró que el movimiento del calor en un circuito metálico origina corrientes que se llaman termoeléctricas para distinguirlas de las hidroeléctricas desarrolladas por acciones químicas.

PARES Y PILAS TERMOELÉCTRICAS

Todo sistema de dos metales distintos soldados el uno al otro y unidos en la parte libre por un conductor, constituye un *par termoeléctrico.*

La unión en serie de varios de estos pares constituye una *pila termoeléctrica* que funciona llevando a 0° a las soldaduras pares y calentando a 100° a las soldaduras impares.

Se diferencian las pilas termoeléctricas de las pilas hidroeléctricas por la carencia de resistencia interior y por la poca fuerza electromotriz que desarrollan, que generalmente es de una fracción muy pequeña 0,004 de la correspondiente a un elemento Daniell; por ello no se emplea para medir las corrientes en el galvanómetro hilos largos, sino un multipli-

cador de hilo corto y grueso al contrario de lo que pasa para las corrientes hidroeléctricas.

La pila termoeléctrica de Clarmond constituída por elementos asociados en serie, de hierro y de aleación de bismuto y antimonio, con soldadura autógena, tiene una fuerza electromotriz de 109 voltios y una resistencia interior de 15,5 ohmios.

MEDIDA DE TEMPERATURAS

Pueden apreciarse pequeñas diferencias de temperatura usando el termomultiplicador de Melloni.

La fuerza electromotriz de un par termoeléctrico depende de la temperatura de una de las soldaduras. Suponiendo a una de ellas a O°, la medida del calor, está dada simplemente por la desviación que experimenta la aguja del galvanometro.

El pirometro de Le Chatelier está formado por dos elementos de platino puro y platino aleado con sodio a soldadura autógena (par platinosodio), una de las soldaduras se introduce en el hielofundente y la otra en el local cuya temperatura quiere medirse, los extremos de los alambres se unen a un galvanometro cuya desviación indica la temperatura del local.

Melloni para medir temperaturas bajas en el caso de la liquidación de los gases, empleaba como pirometros pares termoeléctricos de bismuto y antimonio cuyas indicaciones son exactas entre O° y 100°.

FENÓMENOS QUÍMICOS - ELECTRÓLISIS

Desígnase con el nombre de electrólisis a la acción química producida por la corriente eléctrica cuando atraviesa un líquido que no actúe como simple conductor y sufre descomposición en sus elementos.

El líquido sometido a la descomposición electrolítica se llama *electrolito y electrodos* a los dos conductores, el uno de

entrada y el otro de salida de la corriente; el primero se llama *electrodo positivo* o *anodo* y el segundo *electrodo negativo* o *catodo.*

Todo vaso o recipiente donde se manifieste una acción electrolítica recibe el nombre de Voltametro.

Los productos de descomposición se designan con el nombre de *iones, aniones* a los que van al positivo y *cationes* a los que van al negativo.

La electrólisis se verifica en las sales en disolución o fundidas.

Los líquidos agua, alcohol, éter, no son electrólitos verdaderos.

Para que un cuerpo sea electrolizable, es necesario que posea las funciones químicas ácido, base, o sal.

Como los compuestos de un metal con un radical simple o compuesto electronegativo constituyen la sales, su descomposición electrolítica tiene lugar bajo la acción de la corriente separándose el metal del radical a que está unido y apareciendo en los electrodos y no en el líquido el radical en el positivo y el metal en el negativo. Así en la electrólisis de una sal de cobre como en el sulfato cúprico, el cobre va al negativo mientras que en el positivo se forma So^3 Ho con desprendimiento de oxígeno en el caso que los electrodos sean de platino.

Cuando los electrodos no son inalterables se originan acciones secundarias, como en el caso que los electrodos sean de cobre en lugar de platino. Así el electrodo positivo sufre la acción del ácido sulfúrico y es atacado por el radical So^4 reproduciéndose el sulfato cúprico sin desprendimiento de oxígeno y perdiéndose en el electrodo positivo una cantidad de cobre igual a la que se deposita en el electrodo negativo.

En las sales alcalinas como en el K So^4, el potasio va al negativo, donde descompone el agua y regenera potasa con desprendimiento de hidrógeno.

En el caso del Nacl se originan efectos secundarios más complejos, pues se obtiene hidrógeno y soda en el negativo y oxígeno, ácido clorhídico y compuestos oxigenados del cloro en el positivo.

El agua pura no es electrolítica pero adicionada de un ácido se comporta como tal. En este caso no es el agua la que en realidad se descompone sino el ácido que se le añade, así con el sulfúrico tendríamos formación de hidrógeno y residuo halogénico (So^4) el que reaccionando con el agua origina ácido sulfúrico con desprendimiento de oxígeno.

Los iones son sensibles en los electrodos solamente.

La electrólisis no se verifica en los cuerpos sólidos.

Los cuerpos simples no pueden ser electrolitos.

La cantidad de *ion* puesta en libertad en un segundo es igual a la intensidad de la corriente multiplicada por el equivalente electroquímico del *ion*.

El equivalente electroquímico es la relación de la cantidad de electricidad que atraviesa al voltámetro a la masa del cuerpo libertado por su acción.

La recíproca de la definición anterior es verdadera porque la cantidad de la electricidad que ha atravesado un electrolitro en un tiempo dado es igual a la masa de *ion* libertada, dividida por el equivalente electroquímico del mismo.

El equivalente electroquímico es proporcional al equivalente químico.

Un coulombio atravesando un voltámetro pone en libertad 0,010351 miligramos de hidrógeno.

Si designamos por e al equivalente químico de un cuerpo relacionado al hidrógeno, como unidad, la masa de este cuerpo libertada por un coulombio sería:

$$Z \text{ (equiv. electro quimico)} = 0.01031\ e \text{ miligramos}$$

Un amperio - hora que es igual a 3600 coulombios pone en libertad 37,38 miligramos de hidrógeno.

Estas fórmulas son consecuencia de las leyes de Faraday generalizadas por Daniell y Becquerel y permiten calcular el depósito 37,38 e miligramos de un cuerpo dado que puede producir una corriente determinada e inversamente calcular la intensidad de la corriente necesaria para producir un depósito de masa determinada en un tiempo dado.

TEORÍAS DE LA ELECTRÓLISIS

Las principales hipótesis sobre la constitución de los electrólitos fueron propuestas por Grothius en 1805, Clausius en 1845 y Arrhenius en 1887.

Grothius — Admite la existencia de dos electricidades por estar en consonancia en el caso del agua en "que el hidrógeno y el oxígeno se desprenden, tan solo, en los electrodos y no en el líquido interpuesto".

Así, suponiendo que el agua sea el electrólito y que cada molécula esté formada por dos átomos de hidrógeno positivos y uno de oxígeno negativo, la tensión eléctrica de los polos, produce la orientación de los elementos en la fila de moléculas que los une; el hidrógeno de cada una se coloca frente al polo negativo y el oxígeno hacia el positivo por efecto de la atracción de electricidades de nombre contrario. — Cuando ésta es mayor que la fuerza de combinación, quedan en libertad los gases de las moléculas extremas; dos átomos de H al polo negativo y uno de oxígeno al polo positivo, originándose una recombinación rápida de los elementos en la fila de moléculas intermedias al quedar neutralizados los polos, pero si llega una nueva cantidad de electricidad, la tensión de los electrodos aumenta y la orientación del electrolito y así continuarán los efectos.

El presente diagrama permite darse cuenta de la hipótesis de Grothius.

En él se indica la posición de las moléculas electrolíticas: 1.° antes del pasaje de la corriente; 2.° en el momento que la corriente pasa, pero cuya fuerza electromotriz no es suficiente para producir la descomposición pero sí para orientar a las moléculas electrolíticas y 3.° el momento en que la fuerza electromotriz ha adquirido un valor suficiente para realizar la descomposición electrolítica.

La teoría de Grothius en la época en que fué emitida interpretaba bien los fenómenos electrolíticos pero dejó de ser admitida después de los trabajos de Clausius sobre la constitución dinámica de los gases y su consideración para los líqui-

dos de constitución análoga. Esta teoría no explica el transporte de los iones al estado de combinación o lo que es lo mismo, la concentración del electrolito en los polos.

CLAUSIUS

Este físico admitía que las moléculas de los líquidos, de manera análoga a las de los gases, estaban animadas de un movimiento constante de traslación.

Así, un átomo tomado al azar podría combinarse con otros átomos de carga eléctrica contraria.

La fuerza electromotriz aplicada al electrólito actuaría por influencia sobre la dirección de los iones cuando éstos pasan de una molécula a otra.

Según esta teoría, llamada también teoría cinética, sólo los cuerpos capaces de ser descompuestos instantáneamente en sus elementos ionicos pueden sufrir la electrolisis.

La atracción momentánea sufrida por los iones durante su migración de las moléculas los encaminaría hacia los electrodos.

Cuando la fuerza electromotriz es suficiente, las atracciones de los polos sobre los iones cargados de electricidad contraria es más fuerte que la fuerza de afinidad que liga entre sí a los constituyentes de la molécula eletrolítica; entonces, ésta se descompone y mientras uno de los iones es puesto en libertad el otro se dirige al polo opuesto donde se desprende.

Cada ion lleva, así, una cantidad de electricidad hacia el electrodo.

Esta teoría está en concordancia con las ideas admitidas hoy sobre la propagación de la electricidad a través del electrolito y explica el hecho de la desagregación electrolítica y el de la presencia en cada polo de iones determinados con electricidades diferentes.

Explica también la concentración distinta del electrólito en los polos y el transporte de los iones combinados.

Así podemos admitir que cuando los iones de una molécula quedan libres son atraídos por los electrodos con fuerzas desiguales.

Supongamos una molécula *A B* en la que *A* se dirige o tiende a dirigirse al polo positivo, bajo la influencia de una fuerza mayor que la que impulsa al ion *B* para ir al polo negativo. Es decir, que durante el tiempo breve que dura la liberación de los iones, A se dirige al positivo más rápidamente que *B* al negativo.

Ahora bien, en el trayecto, los iones *A* forman con los iones *B* moléculas sucesivas y como no pueden encaminarse sino al estado molecular resultará una agrupación o concentración de moléculas en el polo positivo, lo que constituirá el electrólito.

La teoría de Clausius está en armonía con la ley de la fuerza electromotriz. Mientras la fuerza electromotriz no adquiere un valor suficiente para poder vencer a la fuerza de afinidad, que liga entre sí, a los átomos constituyentes de la molécula electrolítica, la electricidad sólo tiene sobre los iones una influencia directriz, permaneciendo éstos, siempre dominados por la fuerza de afinidad que los lleva a formar nuevas moléculas. Cuando la fuerza electromotriz llega a ser superior o igual a la fuerza de afinidad, los iones de la vecindad de polos y que están al estado libre, pueden ser recogidos separadamente.

ARRHÉNIUS

En esta teoría se supone que el electrodo se halla descompuesto simplemente por su disolución en el agua y que los iones son los que transportan la electricidad; el cation transporta electricidad positiva al catodo y el anión electricidad negativa al anodo, de manera que existen dos corrientes de iones en sentido inverso.

La solución entonces de las sales, de los ácidos o de las bases enérgicas, contendría una pequeña proporción del compuesto al estado normal encontrándose al estado de disociación la mayor parte.

Por ejemplo, en el caso del cloruro de potasio, la solución contendría muy pocas moléculas *K Cl* y en cambio estaría casi constituida por los iones libres *K* y *Cl*.

Arrhénius apoya su hipótesis en varios hechos del dominio de la química pura.

Al estudiar la presión osmótica de las disoluciones, el descenso de su tensión de vapor y del punto de congelación presenta ciertas anomalías que se explicarían por la presencia en ellas de un número de moléculas doble del que haría prever la fórmula química. Para que el número de moléculas haya llegado al duplo tiene que haber habido disociación.

La hipótesis de Arrhénius está en contradicción con las creencias más generalizadas acerca de la afinidad química, pero en cambio explica una multitud de fenómenos, entre ellos las leyes de la presión osmótica, la disminución de tensión de vapor de las disoluciones y es el principio fundamental, aunque hipotético, de la física química.

La teoría de los iones libres explica la ley de Hess sobre la termoneutralidad. Por ejemplo, al mezclar dos sales neutras en disolución no hay desprendimiento de calor, lo cual indica que no se efectúa ninguna reacción química.

Si suponemos, como lo hacía Arrhénius, que una solución de cloruro de potasio está compuesta de iones libres *K* y *Cl* y que una solución de nitrato de soda está formada de iones libres *Na y* AzO^3.' después de mezcladas las dos soluciones, los iones quedarán libres como antes y no se influenciarán de manera alguna.

La experiencia habrá indicado que los dos componentes de una sal se comportaban en su solución como si fueran independientes el uno del otro; la teoría de la disociación electrolítica concuerda con este hecho.

En química analítica se encuentran algunos ejemplos concluyentes en favor de la libertad de los iones.

Cuando el nitrato de plata actúa sobre el cloruro de sodio produce un precipitado de cloruro de plata porque en la solución de cloruro de sodio, el cloro está bajo el estado de ion libre.

El nitrato de plata no tiene acción alguna sobre el clorato de potasa porque el ion cloro, en este caso, no está libre, sino combinado con el ion compuesto $Cl\ O^3$.

Habría un número mayor de ejemplos, pero los citados

bastan para hacer comprender la importancia de la teoría de Arrhénius, aún cuando el físico Poincaré sostenga que ésta viene a ser la resurrección de la antigua hipótesis de los dos flúidos.

Leyes de la electrólisis (Faraday)

Primera. — *La intensidad de la corriente es la misma en cualquier punto del circuito, ya sea en el interior o en el exterior de la pila.*

Segunda. — *El peso de electrólito descompuesto es proporcional a la intensidad de la corriente.*

Tercera. — *Cuando la corriente eléctrica atraviesa diferentes electrólitos los pesos de los elementos puestos en libertad son proporcionales a sus equivalentes químicos.*

Ley de Mateucci

Como la corriente tiene la misma intensidad en el exterior que en el interior a cada equivalente depositado en el voltámetro corresponderá otro equivalente de zinc disuelto en la pila.

Ley de Thomson Berthelot

La fuerza electromotriz de descomposición tiene para cada electrólito un valor determinado que varía proporcionalmente al calor de formación del compuesto.

Las leyes de Faraday nada indican sobre la tensión de la corriente necesaria para que se efectúe la electrólisis.

Berthelot al enunciar su ley ha determinado las condiciones de fuerza electromotriz y de la corriente necesaria para la electrolisis hallando las relaciones que existen entre ésta y los datos térmicos.

Por la ley de Joule se deduce cual debe ser la fuerza electromotriz de una corriente necesaria para la electrólosis cono-

ciendo el calor de formación de los cuerpos por los estudios de Favre, Berthelot, etc.

Suponiendo que la corriente es producida por la pila, la fuerza electromotriz será proporcional al calor desprendido por la acción química.

Llamando E a la fuerza electromotriz y C a las calorías desprendidas, tendremos:

$$E = \frac{C}{23{,}2} \text{ y } C = 23{,}2\, E$$

puesto que sabemos que 1 coulomb deja en libertad 0gr00001036 de hidrógeno por segundo, y por lo tanto, para libertar un gramo de hidrógeno o un equivalente de un cuerpo simple monovalente serán necesarios

$$\frac{1}{0{,}00001036} = 96525 \text{ coulombios,}$$

y como la cantidad de trabajo que es necesario suministrar a un cuerpo para que se electrice, es por equivalente

$$\frac{96525\, E}{9{,}8} \text{ kilográmetros}$$

y siendo 425 el equivalente mecánico del calor, será necesario para desprender de sus combinaciones a un equivalente del cuerpo, suministrarle una cantidad de calorías igual a

$$\frac{96525 \times E}{9{,}81 \times 425} = 23{,}2\, E \text{ calorías}$$

Siendo el calor de descomposición igual al de formación tendremos:

$$C = 23{,}2\, E \text{ y } E = \frac{C}{23{,}2}$$

Un elemento de pila, como lo ha demostrado Berthelot, no

podrá producir más descomposiciones que aquellas que absorben menos calor que el desprendido por la reacción química que produce la corriente.

Así un elemento Daniell no puede descomponer al agua porque en esa pila la energía eléctrica resulta de la sustitución del zinc al cobre en el sulfato cúprico en disolución, reacción en el cual se desprenden 26,2 calorías lo cual según las fórmulas citadas representaría una fuerza electromotriz:

$$E = \frac{36.2}{23,2} = 1,13 \text{ Voltios aproximadamente;}$$

el agua necesita absorber para descomponer 34.5 calorías

$$\frac{34,5}{23,2} = 1,49 \text{ Voltios}$$

resulta entonces, insuficiente para producir la electrólisis del agua la fuerza electromotriz de un elemento Daniell.

Dos elementos Daniell, asociados en tensión, podrán electrolizar el agua puesto que su fuerza electromotriz es ,13 $\times$ 2 = 2,26 que es mayor de 1,49.

Ley de Sprague

En una mezcla de electrólitos diferentes el orden de descomposición está determinado por el de los calores de formación de los cuerpos en presencia; aquellos cuyo calor de formación es más débil son los primeros en descomponerse.

TRABAJO DE LA ELECTRÓLISIS

Las leyes de Faraday nos dicen que un coulombio descompone siempre cantidades de electrólito proporcionales a su equivalente y como esta descomposición requiere cantidades diferentes de calor resultará que el trabajo dado por cada coulombio variará con la naturaleza del electrólito.

Si el trabajo eléctrico es el cociente de la masa eléctrica por la caída de potencial y si aquella es constante e igual a la unidad, debe variar ésta hasta adquirir un valor que, dividido por el equivalente mecánico del calor, dé un producto igual al calor de combinación del electrolito.

Dedúcese de ésto que para descomponer un cuerpo cualquiera será necesaria una diferencia de potencial en los electrodos equivalente al trabajo de descomposición; diferencia que variará de un electrolito a otro, siendo tal que por cada coulombio da el número de joules que corresponden al trabajo de descomposición del peso *a e* de electrolito.

Si c representa el calor de combinación en calorías gramos, el trabajo que efectúa un coulombio es *J a c*.

El trabajo tendrá por valor H diferencia de potencial en los electrodos en voltios.

$$H = Jac = 4{,}17. \qquad 0{,}00001035\, c = 0{,}0000432\, c.$$

Para el agua $c = 34.500$ y se deduce $H = I^v$, 49 para la diferencia de potencial entre los electrodos de un voltámetro de agua acidulada despreciando la resistencia.

Cuando el anodo es del mismo metal que se deposita en el electrodo negativo, el residuo halogénico se disuelve a medida que va formándose, pareciendo que el fenómeno se limitaría a un simple transporte del metal del anodo al catodo sin variar la concentración. En este caso no hay trabajo gastado en el voltámetro y la fuerza electromotriz necesaria para producir la electrolisis, será la indispensable para vencer la resistencia en la cuba electrolítica.

Si el metal del anodo es inatacable por el residuo halogénico, este residuo se deposita en su superficie modificándola y produciendo una fuerza electromotriz contraria a la de la pila, diciendo, entonces, que el electrodo está *polarizado*. Si suprimiéramos la corriente y uniéramos los electrodos del voltámetro con un galvanómetro, éste nos indicaría la existencia de una corriente dirigida en sentido contrario a la primera que se designa con el nombre de *corriente secundaria* y cuya duración es igual a la de la polarización de los electrodos.

El trabajo gastado, en la electrolosis de un cuerpo, es igual al producido por la acción química que se origina en el interior de la pila, cuando no existe otra forma de energía, así cada equivalente de zinc disuelto en ésta descompondrá su equivalente de electrólitos.

APLICACIONES DE LA ELECTROLISIS

Entre las principales aplicaciones de la electrolisis, merece citarse, la galvanosplatia, la refinación electrolítica de los metales, la electro-metalurgia, la preparación de algunos productos químicos y el tanaje de las pieles.

Interesándonos más de cerca el *análisis electroquímico*.

ANÁLISIS ELECTROQUÍMICO

Este método gravimétrico por acción física se aplica a la dosificación de casi todos los metales usuales, exceptuando a los metales alcalinos y alcalino-térreos que originan reacciones secundarias.

Generalmente se utilizan los nitratos, sulfatos, cianuros, sulfuros dobles, lactatos y oxalatos.

El método está basado, directamente, en que la acción electrolítica de la corriente sobre una solución salina se manifiesta por la formación de un depósito de metal, al estado puro, en el catodo o al estado de peróxido en el anodo. El aumento de peso del electrodo permite dosificar la cantidad de metal existente en la solución.

Entre los electrodos más empleados figura el de Classen, constituído 1.° por una cápsula de platino que descansa sobre una placa del mismo metal, que sirve de electrodo negativo y que contiene el electrolito. 2.° por un disco de platino unido a un vástago del mismo metal algo inclinado o agujereado para dejar deslizar o dar paso a las burbujas gaseosas que se forman en el transcurso de la operación y que constituye el positivo.

La fuerza electromotriz debe ser de 2 a 3 voltios que se consigue por elementos Daniell, acumuladores o mejor con una pila termoeléctrica.

La intensidad de la corriente varía con la naturaleza de los electrolitos. La densidad de la corriente se logra dividiendo la intensidad en amperios por la superficie del alectrodo en centímetros cuadrados.

Así que para todo análisis electroquímico es necesario un voltaje dado y una densidad eléctrica determinada.

Las variaciones de resistencia necesarias se logran por aumento de temperatura del electrolitro o por medio de un reostato.

Uno de los dispositivos experimentales más adoptados sería: unir el electrodo negativo al polo negativo del generador de electricidad y el electrodo positivo al polo positivo intercalando en el trayecto del hilo conductor un amperémetro y un reostato y colocando finalmente un volmetro, en circuitos derivados.

Se inicia la electrolisis por la formación de precipitados alrededor de los electrodos.

Se sabe que la electrolisis ha terminado cuando tomada una gota del electrolito y depositada junto a otra gota de reactivo apropiado no acusa reacción.

ACCIONES ELECTROCAPILARES

Desígnanse con ese nombre a las variaciones que experimenta el nivel del mercurio en un tubo capilar cuando su parte superior está cubierta con agua acidulada que comunica con el polo negativo mientras que el polo positivo se inmerge en dicha agua.

Por efecto de la polarización, en estas condiciones el nivel desciende debido al cambio que se opera en la tensión superficial y merced a ese descenso puede medirse la fuerza electromotriz.

Lipmann basándose en los fenómenos electrocapilares ha construído un electrómetro cuya sensibilidad es $\frac{1}{10.000}$ de voltio.

PILAS

Las pilas son electromotores primarios en los que la energía química potencial se transforma en energía eléctrica actual.

Toda pila para ser perfecta debe reunir las cuatro condiciones siguientes:

1.° No ha de originar reacción alguna y por lo tanto no ocasionará gasto del metal en circuito abierto.

2.° No debe polarizarse aunque funcione algún tiempo sin interrupción.

3.° El líquido excitador debe regenerarse por el trabajo de la pila.

Y 4.° La fuerza electromotriz debe ser grande mientras que su resistencia interior debe ser muy pequeña.

La primera de estas condiciones se cumple cuando se emplea zinc puro, como metal y agua acidulada con ácido sulfúrico como líquido excitador.

La segunda y tercera condición no se cumplen en ninguno de los modelos conocidos y la cuarta varía de unos tipos a otros.

Como es difícil lograr zinc puro a precio económico se sustituye generalmente por el zinc del comercio amalgamado superficialmente, que goza de la propiedad de no ser atacado cuando el circuito está abierto.

CONSTANTES DE LA PILA

Se entiendo por constantes de la pila, su fuerza electromotriz y su resistencia interior.

La fuerza electromotriz en la pila depende de la naturaleza de las reacciones químicas de los cuerpos puestos en presencia, de su grado de concentración y de la temperatura.

No influyen en ella las dimensiones de los electrodos constitutivos del elemento.

La resistencia interior depende de la forma y dimensiones del elemento.

Puede disminuirse la resistencia interior acercando las láminas polares o aumentando su superficie.

La resistencia interior varía con la concentración de los líquidos y disminuye cuando aumenta la temperatura.

La resistencia interior depende de la intensidad de la corriente producida:

$$E = e + r\,I$$

es decir, que la fuerza motriz es igual a la diferencia de potencial en los bornes más la resistencia interior multiplicada por la intensidad de la corriente.

POLARIZACIÓN

En las pilas, el debilitamiento de la corriente es debido a las acciones químicas producidas en las mismas, siempre que cerrado el circuito por medio de un conductor dan origen a una corriente.

El agua, al descomponerse, desprende oxígeno e hidrógeno; el oxígeno se fija en el zinc dando origen al óxido correspondiente que en presencia del ácido sulfúrico se transforma en sulfato de zinc mientras que el hidrógeno se dirige a la lámina de cobre a la cual se adhiere formando una capa gaseosa. Así, modificada por esa causa la naturaleza de la superficie del electrodo, cambia el valor de las fuerzas electromotrices de contacto y la disminuye hasta anular la fuerza electromotriz de la pila.

Este efecto se llama *polarización.*

DESPOLARIZACIÓN

Para evitar la polarización de las pilas será necesario impedir que el hidrógeno se deposite en el polo positivo, lo que puede lograrse por acciones mecánicas, físicas o químicas.

Por acciones mecánicas tenemos el caso de agitación del líquido o del electrodo positivo.

Por acciones físicas, dando al electrodo positivo una superficie rugosa o recubriéndolo de un precitado granuloso Y por acciones químicas con el empleo de sustancias oxigenadas fácilmente reductibles y capaces de absorber el hidrógeno a medida que se produce.

RESEÑA DE PILAS USUALES

Pila Daniell. — Pila de corriente constante, electrodos de cobre y zinc, dos líquidos separados por un vaso poroso; el uno agua acidulada con ácido sulfúrico y el otro una disolución de sulfato de cobre que actúa como despolarizador.

El ácido sulfúrico actúa sobre el zinc formando sulfato de zinc y el hidrógeno que se dirige al cobre encuentra antes al sulfato cúprico, dejando en libertad el metal, a quien sustituye y regenera así el ácido sulfúrico que atraviesa el vaso poroso y continúa la reacción sin debilitamiento del agua acidulada:

$$So^4\, Cu + H^2 = So^4\, H^2 + Cu.$$

Esta pila puede funcionar largo tiempo sin otra precaución que agregarle agua cuando se evapora o unos cistales de sulfato de cobre.

Las pilas de Caillaud y Minotto son simples modificaciones de la de Daniell.

Pila Bunsen — Los electrodos son zinc y carbón: los líquidos, agua acidulada y ácido nítrico que actúa como despolarizador.

El depósito de hidrógeno sobre el positivo se excita porque al encontrar el ácido nítrico se combina con parte de su oxígeno formando agua con desprendimiento de vapores rutilantes.

$$2\, No^3\, H + H^2 = 2\, H^2\, 0 + 2\, No^2.$$

En la pila de Marié Dary, el ácido nítrico está reemplaza-

do por una pasta de sulfato mercurioso que rodea al positivo; entonces la reacción puede simbolizar así:

$$So^4 Hy^2 + Zu = So^4 Zn + Hg^2.$$

El mercurio por gravedad va al fondo y mantiene la amalgamación del zinc.

Pila Grenet. — Los electrodos son zinc y carbón, el líquido excitador ácido sulfúrico y el despolarizante bicromato de sodio o de potasio.

El desprendimiento de electricidad se debe a una acción muy compleja, pues se producen sulfatos de zinc, crómico y potásico con formación de agua.

$$7\, So^4 H^2 + Cr^2 O^7 K^2 + 3\, Zn = (So^4)\, 3\, Cr^2 + So^4 K^2 + So^4 Zn + 7\, H^2 O.$$

Pila Leclanché. — Esta pila no funciona en circuito abierto; el electrodo negativo es zinc atacado por una disolución de cloruro de amonio y el electrodo positivo, carbón de retorta ahuecado y lleno de peróxido de manganeso.

Las reacciones químicas en esta pila son algo complejas.

$$2\, Cl\, N\, H^4 + Zn = Cl^2 Zn + 2\, N\, H^3 + H^2$$
$$H^2 + 2\, Mu\, O^2 = Mu^2 O^3 + H^2 O.$$

En realidad habría formación de oxicloruro de zinc y cloruro doble de amonio y zinc.

ACUMULADORES

Son pilas secundarias o electromotores secundarios.

En las pilas se originan dos corrientes: la *primaria* ocasionada por la acción directa de los pares y la corriente *secundaria* originada por la polarización.

Las corrientes secundarias se utilizan en los acumuladores o pilas secundarias que no pueden dar corriente si no han sido antes atravesados por la corriente de una pila primaria.

La corriente secundaria es inversa de la corriente primaria que la origina.

Los acumuladores derivan de la pila secundaria de Planté y después de haber sido cargados por una pila primaria pueden restituir como corriente a la mayor parte de la energía que han recibido.

El tipo de las corrientes secundarias es la observada por La Rive, dos electrodos de platino y un vaso de agua acidulada constituye una pila secundaria.

La pila secundaria se llama *acumulador* porque acumula la electricidad bajo la forma de productos químicos resultantes del paso de las corrientes primarias.

Los *electrodos* de los acumuladores están constituídos por láminas de plomo cuya capacidad para almacenar energía eléctrica depende del mayor tamaño de su superficie y de su formación.

La formación de las placas tiene por objeto aumentar el espesor de la capa de plomo susceptible de ser atacada químicamente durante la carga.

Puede lograrse de una manera *autógena* o *natural* haciendo pasar repetidas veces en uno y otro sentido, corrientes eléctricas a través del acumulador. De esta manera cada electrodo se peroxida y se reduce alternativamente volviéndose poroso.

Como este método resulta muy largo y dispendioso abréviase la formación o *educación* del acumulador recurriendo al método *heterogéneo* o *artificial* que consiste en colocar en el polo positivo *minio* malaxado con agua acidulada y en el negativo una pasta de litargirio; sometidos a una compresión enérgica, se inmergen en una solución de ácido sulfúrico y se hace pasar la corriente eléctrica: el oxígeno desprendido en el positivo, peroxida al minio y lo transforma en $Pb\,O^2$ mientras que el hidrógeno en el polo negativo reduce al litargirio y lo transforma en plomo poroso.

El *líquido excitador* de los acumuladores es el agua acidulada con ácido sulfúrico a la cual puede adicionarse una solución de silicato de sodio o de potasio para transformarla en una pasta blanda que en el caso de aparatos transportables impide el derramamiento de líquido.

Los acumuladores se *cargan* hoy de preferencia con las corrientes continuas de las máquinas dinamo - eléctricas.

Se conoce que un acumulador está cargado:

1.° Con el volmetro — cuando éste marca una cifra vecina a 2 *v* 5.

2.° Por el desprendimiento de burbujas de gas.

Y 3.° Por medio del densimetro cuando éste marca para el líquido electrolítico una densidad de 1,18 a 1,22.

Se conoce que un acumulador está descargado:

1.° Cuando la fuerza electromotriz desciende de 2 voltios.

2.° Cuando su densidad desciende de 1,18.

CONSTANTES DE LOS ACUMULADORES

La fuerza electromotriz media es de 2 *V*. 2 y no debe descender de 1 *V*. 85 a trueque de que se sulfaten las placas positivas.

La resistencia interior es de algunas fracciones de ohmio, siendo tan pequeña por la gran superficie y vecindad de las placas.

Llámase *capacidad útil* de un acumulador a la cantidad de electricidad que es susceptible de dar en descarga normal cuando ha sido convenientemente cargado.

La capacidad se expresa en amperios - horas.

El *rendimiento de energía* es la relación que hay entre la energía eléctrica dada por la descarga y la energía gastada durante la carga.

Los acumuladores se utilizan como depósitos de energía eléctrica, como reguladores de electricidad en los dinamos y como transformadores de energía eléctrica.

ELECTRODINÁMICA

La electrodinámica demuestra la identidad de la electricidad con el magnetismo siendo su base fundamental las acciones mútuas de las corrientes eléctricas, descubiertas por Ampere.

Los dos hilos metálicos próximos son atravesados por corrientes eléctricas se producen entre ellos atracciones y repulsiones idénticas a las que se producen entre los polos de los imanes.

Con arreglo a la duración de las corrientes y según sus posiciones relativas, varían los efectos producidos, que pueden dividirse en tres grupos: efectos de desplazamiento, efectos de orientación y efectos de rotación.

LEY DE LAS CORRIENTES PARALELAS

Las corrientes paralelas dirigidas en el mismo sentido se atraen, y las de sentido contrario se repelen.

LEY DE LAS CORRIENTES ANGULARES

Cuando dos corrientes rectilíneas cuya dirección forma un ángulo, se atraen, cuando se aproximan o alejan las dos del vértice y se repelen si una se dirige al vértice y la otra se aleja de él.

LEY DE LAS CORRIENTES SINUOSAS

Las atracciones y repulsiones son idénticas al caso de las corrientes rectilíneas.

La acción de la tierra es igual a la ejercida sobre los imanes y tienen un movimiento de orientación dado o un movimiento de rotación, según sea verticales u horizontales.

Cuando la corriente vertical es rectilínea o forma circuito cerrado rectangular o circular, se produce orientación y un movimiento de rotación continua.

LEY DE CORRIENTES RECTILÍNEAS

"Toda corriente vertical móvil, alrededor de un eje que le sea paralelo, se coloca en un plano perpendicular al meri-

diano magnético y después de algunas oscilaciones pasa al Este de su eje de rotación, cuando es descendente y al Oeste cuando es ascendente''.

LEY DE CORRIENTES CERRADAS

''La corriente se coloca en un plano perpendicular al meridiano magnético, de modo que sea descendente al Este de su eje de rotación para el observador que mira al Norte y ascendente al Oeste''.

CORRIENTES ASTÁTICAS

Para sustraer a los circuitos móviles de la acción directriz de la tierra, se les da una forma simétrica con relación al eje de suspensión, así las acciones directrices de la tierra sobre las dos partes del circuito tienden a girar en sentido contrario, con lo que quedan destruídas.

Las corrientes que recorren estos circuitos se llaman *astáticas.*

ELECTROMAGNETISMO

Estudia el electromagnetismo las acciones recíprocas de las corrientes sobre los imanes.

Los imanes actúan sobre las corrientes de la misma manera que éstas actúan entre sí.

Los efectos producidos pueden clasificarse en tres grupos: efectos de orientación; efectos de rotación; y de atracción y repulsión.

ORIENTACIÓN DE LOS IMANES POR LA CORRIENTE

La experiencia de Oersted y la regla de Ampere deducida de ella, prueban los efectos de orientación y desviación de las agujas imanadas por la corriente.

Tendiendo un alambre de cobre sobre una aguja suspendida, sin tocarla, y colocando al sistema en la dirección del meridiano magnético, la aguja y el alambre permanecerán paralelos mientras no pase corriente por éste, pero si una corriente atraviesa por el conductor, la aguja se desvía aproximándose a la dirección normal de la corriente y tanto más, cuanto ésta sea más intensa.

La regla de Ampere, aplicable a todos los casos, determina el sentido de la desviación que depende de la dirección de la corriente y del alambre respecto a la aguja.

Estableciendo *que el polo austral de la aguja móvil se desvía hacia la izquierda de la corriente,* entendiéndose por izquierda de la corriente a la del observador colocado en el alambre que une los dos polos, de modo que pasando la corriente de los pies hacia la cabeza vuelva la cara hacia la aguja.

ORIENTACIÓN DE LAS CORRIENTES POR LOS IMANES

La experiencia de Oersted, puede invertirse, suspendiendo al conductor de la corriente de manera que pueda girar y manteniendo fija una barra imanada. Cuando la corriente pasa por el circuito móvil y se aproxima la barra, el circuito gira y se coloca normal al imán después de algunas oscilaciones ocupando el polo austral de él la izquierda.

Como se prueba por las experiencias de Faraday las acciones son recíprocas.

CAMPO GALVÁNICO

Denomínase así al espacio que rodea a un conductor atravesado por la corriente.

Siendo el conductor retilíneo, las líneas de fuerza son círculos concéntricos a la corriente.

La dirección de las líneas de fuerza mirando hacia el extremo por el cual llega la corriente positiva es la de las agujas de un reloj.

Considerando las líneas de fuerza del campo galvánico, Ampere dedujo sus leyes de las acciones de las corrientes entre sí.

SOLENOIDE

Se llama solenoide a un sistema compuesto de una serie de corrientes circulares en el mismo sentido y teniendo su centro en una misma recta que se llama *eje del solenoide.*

Para formar un solenoide se arrolla un hilo en hélice trayendo sus dos puntas a lo largo de su eje y doblando sus extremidades de modo que pueda suspenderse de las llamadas *potencias* de Ampere.

Cuando las espiras se forman arrollando el hilo de izquierda a derecha por encima, se llama solenoide *dextrorsum y sinistrorsum* cuando se arrolla de izquierda a derecha por debajo.

CORRIENTE RECTILÍNEA Y SOLENOIDE

Colocada de una manera paralela, una corriente rectilínea indefinida encima y debajo de un solenoide móvil alrededor de una línea perpendicular a su eje, se observa que el solenoide gira sobre sí mismo y se coloca en un plano perpendicular al tubo rectilíneo.

Acercando a una de las extremidades del solenoide una corriente perpendicular a su eje se observa uan atracción o una repulsión según que la corriente que circule por las parte más próximas a la corriente vertical vaya en el mismo sentido o en un sentido contrario.

ACCIÓN DE LA TIERRA SOBRE UN SOLENOIDE

Abandonado a sí mismo un solenoide se orienta y se coloca en el meridiano magnético.

Se concibe que cada corriente circular, tomada aislada-

mente, se coloca en un plano perpendicular al meridiano magnético; el eje del solenoide está, pues, en el plano de dicho meridiano.

Se llama polo austral a la extremidad dirigida al Norte, y polo boreal a la dirigida hacia al Sur.

ACCIÓN MUTUA

Aproximados los polos de solenoides, se atraen los de nombres contrarios y se repelen los polos del mismo nombre.

IMANES Y SOLENOIDES

A las acciones recíprocas de los solenoides e imanes se aplican las leyes de las atracciones y repulsiones eléctricas.

Así el polo austral de un imán atrae al polo boreal de un solenoide y repele al austral.

SINOPSIS DEL MAGNETISMO

Los imanes son sustancias que tienen la propiedad de atraer el hierro, el acero y algunos metales, como el níquel, cobalto, cromo, etc.

Los imanes se dividen en *imanes naturales* e *imanes artificiales.*

Los imanes naturales están constituídos por un óxido de hierro, de fórmula Fe^3 O^4 óxido salino u óxido magnético muy abundante en los terrenos antiguos de la Suecia y Noruega.

Los imanes artificiales están formados por trozos de hierro de forma variable, a los que se ha comunicado la propiedad magnética por influencia de los imanes, (contacto, doble contacto, contacto separado).

Casi todos los cuerpos de la naturaleza son sensibles a la acción de los imanes, siendo esta acción muy débil; como unos son atraídos por los imanes y otros por el contrario, son rechazados, se les ha dividido en dos grupos:

1.° Cuerpos *magnéticos, ferromagnéticos, paramagnéticos,* o *positivos* como el hierro, níquel, cerio, cromo, manganeso, cobalto y la madera que son atraídos por los imanes.

2.° Cuerpos *diamagnéticos* o *negativos* como el cobre, bismuto, azufre, cera, antimonio, fósforo y el agua que son repelidos por los imanes.

Las acciones magnéticas, puede decirse, que se hallan concentradas en las extremidades de los imanes y se designa con el nombre de *polos* a estas regiones.

Las acciones magnéticas se ejercen a través de los cuerpos, decreciendo con la distancia y variando con la temperatura.

A toda elevación de temperatura, corresponde una disminución de imanación y a toda disminución de temperatura corresponde un aumento de imanación.

Si la temperatura es suficientemente elevada, *temperatura crítica,* hay pérdida permanente de imanación.

El hierro deja de ser magnético hacia los 780 grados Celsius; el níquel hacia 350 grados Celsius y el manganeso no es magnético sino a partir de — 20 grados Celsius.

A la temperatura del rojo cereza, todos los imanes pierden su imanación.

Se designa con el nombre de *fantasma* o *espectro magnético* a imágenes formadas por líneas repartidas con alguna regularidad, que se logran colocando limaduras de hierro sobre una placa de cartón o de vidrio, en cuya parte inferior exista una barra imanada.

Esas líneas regulares o curvas magnéticas de Faraday son las llamadas *líneas de inducción* o *líneas de fuerza.*

Los dos polos de un imán reciben, respectivamente, el nombre de polo *austral* (Norte) y polo *boreal,* (Sur) pudiendo distinguirse muy fácilmente.

(Norte = Polo Norte Geográfico. — Sur = Polo Sur).

Las acciones recíprocas de los polos están sometidas a la ley siguiente: "*Los polos de nombre contrario se atraen y los polos del mismo nombre se repelen*".

FUERZAS MAGNÉTICAS son las atracciones y repulsiones ejer-

cidas entre los imanes. Considerando dos barras imanadas, podremos observar que entre ellas se ejercen cuatro acciones y que el efecto total es la resultante de ellas: dos atracciones entre los polos de nombre contrario y dos repulsiones entre los polos del mismo nombre. Si las barras se alargaran disminuyendo proporcionalmente sus dimensiones transversales, los polos se harían cada vez más pequeños, tendiendo hacia dos puntos geométricos en los que se concentraría la acción magnética.

Los polos de un imán son los puntos de aplicación de las resultantes de las acciones magnéticas ejercitadas por la barra entera y a suficiente distancia como para que las fuerzas ejercidas puedan considerarse como paralelas.

Coulomb, con el auxilio de la *balanza* que lleva su nombre, determinó experimentalmente "que haciendo actuar los polos de dos imanes muy largos en posición apropiada y a una pequeña distancia de modo que pueda despreciarse la acción de los otros dos polos": *las acciones atractivas o repulsivas entre dos polos magnéticos están en razón inversa del cuadrado de su distancia y en razón directa del producto de sus masas magnéticas.*

Coulomb, definió la *masa* de *polo magnético* por la acción del magnetismo terrestre. Dos polos tienen igual masa o intensidad magnética cuando sufren acciones iguales por la tierra.

Fórmula de Coulomb — Si llamamos m y m' a las masas magnéticas o intensidades de los polos en acción, d a su distancia, f a la fuerza que entre ellos se ejerce, la ley de Coulomb se expresa así:

$$f = k \frac{m\,m'}{d^2}$$

K, es la constante o coeficiente parásito que depende del medio en el cual se ejercen las acciones magnéticas.

Esta expresión puede simplificarse haciendo a la constante igual a la unidad. Hipótesis en que se basa el sistema de unidades *C. G. S.* magnéticas.

Entonces la fórmula de Coulomb se escribirá así:

$$f = \frac{m\,m'}{d^2}$$

Intensidad del polo (m) — Si en la fórmula anterior $m' = m$ tenemos:

$$f = \frac{m^2}{d^2}$$

de donde:

$$m = d\sqrt{f}$$

Si d es igual a la unidad de distancia y f igual a la unidad de fuerza, llamando m a la unidad de intensidad de polo tendremos:

$$m = L\sqrt{M\,L\,T^{-2}} = M^{\frac{1}{2}}\,L^{\frac{3}{2}}\,T^{-1}$$

fórmula que nos indica que la *unidad de polo* es la dimensión *medio* con respecto a la unidad *de masa; tres medios* en relación a la *unidad de longitud* y *menos uno* respecto a la *unidad de tiempo.*

"La unidad *C. G. S.* es la intensidad de polo que repele a un polo semejante situado a un centímetro de distancia con una fuerza igual a una dina".

Momento magnético — Entiéndese por momento magnético de una barra, el producto de la intensidad de uno de sus polos por su distancia.

Designando por $\underset{\smile}{M}$ a el momento magnético y por l a la distancia, tendremos:

$$\underset{\smile}{M} = m\,l$$

y sustituyendo la ecuación de dimensiones.

$$\underset{\smile}{M} = M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{5}{2}} T^{-1}$$

que nos expresa que la unidad de momento magnético es la dimensión *medio* respecto a la *unidad de masa; cinco medios* en relación a la *unidad de longitud* y *menos uno* con respecto a la *unidad de tiempo.*

La unidad *C. G. S.* de momento magnético es el momento de una barra cuya intensidad de polo es una unidad *C. G. S.* y la distancia un centímetro.

Intensidad de imanación — En una barra imanada su intensidad de imanación está expresada por la relación de su momento magnético a su volumen:

$$I = \frac{\underset{\smile}{M}}{V}$$

o por sustitución de valores

$$I = M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1}$$

Cuando la barra que se considera tiene una longitud regular puede variarse un tanto a la fórmula anterior expresándola como sigue:

$$I = \frac{m\,l}{S\,l} = \frac{m}{S};\ m = I\,S$$

fórmula en la cual S representa a la sección y l a la longitud y que nos indica "que la intensidad de polo es igual a su intensidad de imanación multiplicada por la sección de la barra".

La unidad *C. G. S.* de intensidad de imanación es la de una bara de un centímetro cúbico cuyo momento magnético es de una unidad *C. G. S.*

Campo magnético — Es el espacio que rodea a un imán y

en el cual se ejercen las acciones magnéticas, pudiendo evidenciarse su existencia por los espectros o fantasmas magnéticos.

Determinaríase el campo magnético conociendo en cada punto de él a la dirección, el sentido y la magnitud de la fuerza magnética.

Un polo norte aislado y libre en un campo magnético puede describir una trayectoria que se llama *línea de inducción* y que es la que pasa por el punto de partida de dicho polo.

La *dirección* de la fuerza magnética en cada punto, está determinada por la tangente a la trayectoria que describiría un polo norte colocado en ese punto. El *sentido* sería el del movimiento del polo y la *magnitud* de la fuerza magnética o *intensidad del campo* se mide por la fuerza ejercida por éste sobre el polo.

Se acepta convencionalmente, que las líneas de inducción salen del polo norte y entran en el polo sur.

Llámase *campo magnético uniforme* a aquel cuyas líneas de inducción son paralelas y equidistantes.

La tierra tomada en un espacio pequeño como campo magnético puede considerarse absolutamente uniforme.

Intensidad de campo magnético (X) — La fuerza ejercida por un campo magnético sobre un polo de intensidad dada, es proporcional a la intensidad de este polo y a la intensidad del campo.

La intensidad de un campo magnético X será entonces la relación de la fuerza f ejercida por el campo sobre un polo m a la intensidad de este polo:

$$X = \frac{f}{m}$$

y su ecuación de dimensiones es:

$$X = M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1}$$

La *unidad C. G. S.* de *intensidad de campo magnético* es

la de un campo que ejercita una fuerza de *una dina* sobre un polo de *una unidad C. G. S.* de intensidad, colocada en un campo.

Flujo de fuerza magnética o número de líneas de fuerza— Considerando un campo magnético uniforme y un plano perpendicular a la dirección de las líneas de fuerza de ese campo y tomando en dicho plano una superficie dada, que llamaremos S, ella será atravesada por un número de líneas de fuerza o flujo de fuerza magnética proporcional a la superficie S y a la intensidad del campo X.

Llamando X' al flujo de fuerza magnética, podemos entonces plantear la expresión siguiente:

$$X' = X S$$

y cuya ecuación de dimensiones es:

$$X' = M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{2}{3}} T^{-1}$$

la unidad *C. G. S.* de flujo de fuerza es el flujo que atraviesa a una superficie de un *centímetro cuadrado* cuando la intensidad del campo es una *unidad C. G. S.*

METROLOGÍA ELÉCTRICA

Conviene recordar antes de estudiar esta parte de la electricidad que se ocupa de las medidas de magnitudes que:

La cantidad de electricidad que pasa por una sección cualquiera de un círculo eléctrico está dada por la ley de Faraday, cuya fórmula es:

$$Q = I t$$

que nos indica que la cantidad de electricidad es proporcional a la intensidad de la corriente y al tiempo.

La fórmula que da la acción de una corriente circular so-

bre un polo colocado en su centro está dada por la ley de Laplace.

$$f = \frac{K m I l}{r^2}$$

f expresa la fuerza a la cual está sometido el polo, m la intensidad del polo magnético, I la intensidad de la corriente; r el radio del círculo formado por la corriente; l la longitud de la corriente circular y k constante que depende del medio en el cual se ejercen las acciones magnéticas.

Sistema electro - magnético C. G. S.

Según nos refiéramos: a la definición de la cantidad de electricidad por la ley de Coulomb o a la acción de una corriente sobre un polo magnético, ley de Laplace, tendremos dos sistemas de unidades eléctricas.

Al sistema basado en la ley de Coulomb, se le ha designado con el nombre de *sistema eléctrico - estático.*

Al sistema basado en la·ley de Laplace se le conoce bajo la denominación de *sistema eléctro - mecánico.*

Algunos autores consideran un tercer sistema de unidades eléctricas, relacionado a la acción de dos corrientes, ley de Ampere, pero en rigor este sistema puede asimilarse al anterior.

Las magnitudes eléctricas de mayor importancia son: la *cantidad, carga o masa eléctrica* Q: la intensidad de la corriente I: la fuerza eléctromotriz E; la resistencia R y la capacidad C.

Las cuatro primeras unidades están ligadas entre sí por las leyes de Faraday, Ohm y Joule.

La ley de Faraday puede enunciarse así: *la intensidad de una corriente es la cantidad de electricidad que atraviesa, en cada segundo, por una sección cualquiera del circuito que recorre.*

$$I = \frac{Q}{t} = Q = It$$

La *ley de Ohm*, que enunciaremos nuevamente así: *la intensidad de una corriente es directamente proporcional a la fuerza eléctromotriz, e inversamente proporcional a la resistencia total del circuito.*

$$I = \frac{E}{R} \text{ ó } R = \frac{E}{I} \text{ ó } E = I R$$

La ley de Joule nos dice: *cuando la corriente eléctrica no produce trabajo alguno exterior, toda la energía de la pila se transforma en calor y la cantidad W de éste que se desprende en el conductor, es proporcional a la resistencia del conductor al cuadrado de la intensidad de la corriente y al tiempo durante el cual pasa.*

$$W = R I^2 t$$

como por la ley de Faraday $I\ t = Q$ y como por la ley de Ohm $I\ R = E$, tendremos que:

$$W = Q E$$

Las cantidades eléctricas y magnéticas están ligadas entre ellas, por sus definiciones y si una de ellas es dada, todas las demás se deducen de ésta.

En el *sistema electro-magnético C. G. S.* se supone a la constante K de la fórmula de Laplace igual a *uno.*

Intensidad de corriente. — Directamente la fórmula de Laplace nos da:

$$I = \frac{f r^2}{l m}$$

y sustituyendo por sus valores:

$$I = \frac{M L T^{-2} L^2}{L L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}}$$

La ecuación de dimensiones será:

$$I = M^{1/2} L^{1/2} T^{-1}$$

Toda corriente tendrá una intensidad igual a la *unidad electro-magnética C. G. S.* cuando, enrollada en la forma de un arco de círculo de un centímetro de radio y un centímetro de longitud, ejerza una fuerza de una dina sobre un polo de una unidad C. G. S. de intensidad colocado en su centro.

Cantidad eléctrica. — Está definida por la ley de Faraday.

$$Q = I t$$

La ecuación de dimensiones es:

$$Q = M^{1/2} L^{1/2} T^{-1} T = M^{1/2} L^{1/2}$$

La *unidad electro-magnética C. G. S. de cantidad* es la cantidad que atraviesa a un circuito en un segundo cuando la intensidad de la corriente es de *una* unidad electro magnética C. G. S., de intensidad.

Densidad de corriente. — La densidad de la corriente que atraviesa a un conductor está expresada por la relación de la intensidad de la corriente que lo atraviesa a su sección.

$$D = \frac{I}{s}$$

$$D = M^{1/2} L^{1/2} T^{-1} L^{-2} = M^{1/2} L^{-3/2} T^{-1}$$

La *unidad* electro-magnética C. G. S. de densidad de corriente es la densidad de una corriente de una unidad C. G. S. de intensidad (14 amperios) atravesando un conductor de un centímetro cuadrado de sección.

Prácticamente, tratándose de conductores se expresa la densidad de corriente en *amperios* por *milímetro cuadrado* y en las experiencias electro-químicas, en *amperios* por *decímetros cuadrados.*

Fuerza electromotriz. — Diferencia de potencial. — Aún cuando estas dos expresiones son sinónimas y son apreciadas con las mismas unidades de medida, no por eso ha de creerse que una y otra expresan una misma cosa, pues una diferencia de potencial no es una fuerza electromotriz.

Es necesario una fuerza electromotriz para crear una diferencia de potencial y esta diferencia de potencial puede subsistir aunque la causa que la ha originado haya desaparecido.

Una cantidad de electricidad Q, actuando bajo una diferencia de potencial dada, puede producir una cantidad W de trabajo proporcional por una parte a la cantidad de electricidad y por otra parte a la diferencia de potencial con la que actúa.

La *diferencia de potencial* se llama comúnmente *diferencia de presión eléctrica* y también *diferencia de nivel eléctrico*, por analogía con la hidrodinámica.

Una fuente de electricidad de fuerza electromotriz E y que diera una cantidad de electricidad Q, produciría una cantidad de energía eléctrica W dada por la relación.

$$W = Q\,E \text{ (Ley de Joule)}$$

La fuerza electromotriz, considerada bajo el punto de la energía eléctrica es: la relación $\frac{W}{Q}$ de un trabajo a una cantidad de electricidad:

$$E = \frac{W}{Q} = \frac{M\,L^2\,T^{-2}}{M^{1/2}\,L^{1/2}}$$

La ecuación de dimensiones es:

$$E = M^{1/2}\,L^{3/2}\,T^{-2}$$

La *unidad* electro - magnética *C. G. S.* de fuerza electromotriz, es la que hace producir un trabajo de una unidad *C. G. S.* (un erg.) a una unidad electro - magnética *C. G. S.* de cantidad.

Resistencia. — Directamente la ley de Ohm nos expresa que la resistencia de un conductor es la relación de la diferencia de potencial entre sus extremos a la intensidad de la corriente que lo atraviesa.

Sustituyendo valores tendremos:

$$R = \frac{M^{3/2}\ L^{1/2}\ T^{-2}}{M^{1/2}\ L^{1/2}\ T^{-1}}$$

La ecuación de dimensiones es:

$$R = L\ T^{-1}$$

La *unidad* electro - magnética *C. G. S.* de resistencia, es la de un conductor en el que pasa una corriente de una unidad *C. G. S.* de intensidad cuando existe una diferencia de potencial igual a una unidad *C. G. S.* entre sus extremidades.

Capacidad. — Entiéndese por capacidad a la relación de una cantidad de electricidad *Q.* a una fuerza electro motriz *E.*

$$C = \frac{Q}{E} = \frac{M^{1/2}\ L^{1/2}}{M^{1/2}\ L^{3/2}\ T^{-2}}$$

La *unidad* electro - magnética *C. G. S.* de capacidad, es la capacidad de un condensador que contiene una cantidad de electricidad igual a una unidad *C. G. S.*, bajo una diferencia de potencial igual a una unidad *C. G. S.* de fuerza electromotriz.

Energía eléctrica. — Al producto de una cantidad de electricidad por una diferencia de potencial se le llama *energía eléctrica.*

$$W = Q\ E$$

cuya ecuación de dimensiones es:

$$W = M\ L^2\ T^{-2}$$

Así como la resistencia eléctrica es homogénea con una

velocidad, la energía eléctrica es homogénea con un trabajo.

La *unidad* electro - magnética *C. G. S.* de energía eléctrica, es la energía producida por una unidad *C. G. S.* de cantidad, bajo una diferencia de potencial de una unidad *C. G. S.* y se designa con el nombre de *Erg.*

Potencia eléctrica. — Así se llama a la relación de una cantidad de energía eléctrica al tiempo empleado en producirla o gastarla.

La ecuación de dimensiones es:

$$P = M L^2 T^{-3}$$

La *unidad* electro - magnética C. G. S. de potencia eléctrica, es el erg. por segundo.

Sistema electro - magnético C. G. S. de unidades técnicas o prácticas

En la práctica el empleo de las unidades absolutas descriptas, conduce a cantidades extremadamente grandes o extremadamente pequeñas, por cuya razón o motivo, arbitrariamente se han adoptado múltiplos o submúltiplos decimales de las unidades C. G. S. para constituir a las unidades prácticas correspondientes.

El Congreso de Electricistas de 1881, para evitar confusiones ha designado a cada una de estas unidades prácticas con un nombre que recuerda a los sabios más prominentes de esta importante rama de la física.

Enunciaremos estas unidades prácticas, así como también a sus relaciones con las unidades electro - magnéticas *C. G. S.* correspondientes, expresándolas por *notación en potencias de diez. . .*

La notación en potencias de diez, consiste en usar como multiplicadores, potencias de diez, que se llaman factores. Los números multiplicados son las características.

Las potencias de diez están caracterizadas por un exponente igual al número de factores que entran en ella; así.

$$10^2 = 10 \times 10; \; 10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1\ 000 \ldots .$$

El exponente positivo indica un número entero y es igual al número de ceros que siguen a la unidad.

El exponente negativo significa la recíproca de la cantidad indicada por el exponente positivo.

$$10^{-3} = \frac{1}{10^3} = \frac{1}{1\ 000}$$

Resistencia. — La unidad práctica es el Ohm (ohmio), que equivale a diez unidades absolutas.

$$\text{Ohm} = 10^9\, R \text{ y } R = 10^{-9} \text{ ohms.}$$

Esta unidad ha sido determinada varias veces, hallándose valores un poco diferentes así:

Siemens, en 1860, adoptó como unidad de resistencia a la que opone una columna de mercurio a cero grados Celsius, de un milímetro cuadrado de sección y de un metro de longitud.

A la unidad de Siemens se le designa con las iniciales *U. S.* En la actualidad se emplean el ohm *legal* y el ohm *internacional* que son casi iguales.

El ohm *legal*, París 1881, es la resistencia que opone una columna de mercurio que a cero grados centígrados tiene un milímetro cuadrado de sección, y 106 centímetros de longitud.

El ohm *internacional*, Chicago, 1893, es la resistencia de una columna de mercurio a la temperatura de fusión del hielo, de sección constante, de 106, 3 centímetros de longitud 14,45 21 gramos de peso.

Las fórmulas de transformación son:

1 ohm internacional	=	1,0028 ohms legales
1 ohm legal	=	0,9972 ohms internacionales
1 ohm internacional	=	1,063 unidades U. S.
1 unidad U. S.	=	0,9407 ohms internacionales

El mega - hom vale un millón de ohms.

El micro - ohm un millonésimo de ohms.

Fuerza electromotriz. — La unidad práctica es el Volt. (voltio) y equivale a 10^8 unidades absolutas.

$$\text{Volt} = 10^8 E \text{ y } E = 10^{-8} \text{ volt.}$$

El volt es próximamente la fuerza electromotriz que produce una pila Daniell (1.07 o 1 103 volts).

La *pila tipo* Latiner Clark produce una fuerza electromotriz de 1.434 voltios a 15 grados centígrados y a temperaturas próximas.

$$E = 1{,}434 - 0{,}001 \ (t - 15)$$

El *microvolt* vale un millonésimo de volt.

Intensidad. — La unidad práctica de intensidad es el Ampere (amperio), que corresponde a la intensidad de una corriente producida por una diferencia de potencial de un volt en las extremidades de una resistencia de un ohm.

$$\text{Ampere} = \frac{\text{volt}}{\text{ohm}} = \frac{10^8 E}{10^9 R} = 10^{-1} I$$

Así, un ampere, es un décimo de la unidad electromagnética C. G. S. de intensidad.

El Congreso de Chicago, hace representar al ampere internacional por una corriente que atravesando una disolución de nitrato argéntico en agua destilada, deposita 0,00118 gramos de plata por segundo, o lo que es igual 4,248 gramos por hora o también 0,000327 gramos de cobre por segundo o 1,177 por hora.

Las lámparas tipo número uno Cruto, de 8 bujías en caliente tienen una resistencia aproximada de 25 ohms, exigiendo una fuerza electromotriz, casi de 25 volts, en consecuencia, la corriente tiene una intensidad muy próximo a un ampere.

El *mili-ampere* empleado en medicina, vale un milésimo de ampere.

El *micro-ampere* vale un millonésimo de ampere.

Cantidad. — La unidad práctica de cantidad es el Coulomb (culombio) o sea la cantidad que atraviesa a un conductor durante un segundo, cuando la intensidad de la corriente es un ampere.

$$\text{Coulomb} = 1 \text{ amperio} \times 1 \text{ segundo} = 10^{-1}\, I.\, s = 10^{-1}\, Q$$

el coulomb es un décimo de la unidad electro - magnética de cantidad.

Siendo en la industria la unidad corriente de tiempo, la hora; la unidad de cantidad es el *ampere - hora.*

El ampere - hora representa a la cantidad de electricidad que atraviesa a un conductor en una hora o sean 3.600 segundos, cuando la intensidad de la corriente es un ampere.

$$\text{Ampere hora} = 1 \text{ ampere} \times 3600'' = 3600\, a\, s = 3600 \text{ Coulombs.}$$

El ampere - hora deposita 4.248 gramos de plata.

Capacidad. — La unidad práctica de capacidad es el Farad, (faradio) que corresponde a la capacidad de un condensador que contiene un coulomb al potencial de un volt.

$$\text{Farad} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ volt}} = \frac{10^{-1}\, Q}{10^{8}\, E} = 10^{-9}\, C$$

El Farad es la millonésima parte de la unidad electro magnética C. G. S. de capacidad.

El micro - farad vale la millonésima parte de un farad.

Energía eléctrica. — La unidad práctica de energía eléctrica, Siemens, 1882, Congreso 1889, es el volt - coulomb, (voltio - culombio) que es el trabajo producido por un coulomb bajo una fuerza electro - motriz de un volt.

A esta unidad se le designa con el nombre Joule (Julio).

$$\text{Joule} = 1 \text{ coulombio} \times 1 \text{ volt} = 10^{-1}\, Q = 10^{8}\, E = 10^{7} \text{ ergs.}$$

Para determinar en calorías el valor del Joule, sólo hemos de recordar que la fórmula anterior es igual a $\frac{1}{9.806}$ kilogramo aproximadamente y cuando no requieran gran exactitud los cálculos, puede admitirse:

1 joule = 0,1 kgm. 1 kgm. = 10 joules

y como la

pequeña caloría = $4,17 \times 10^7$ ergs
1 pequeña caloría = 4,17 joules
1 joule = 0,24 pequeñas calorías
= $0,24 \times 10^{-3}$ grandes calorías

Potencia eléctrica. — La unidad práctica de potencia eléctrica es el Watt (vatio) o volt ampere (voltio-amperio) que expresa la relación del trabajo al tiempo:

$$\text{Watt} = \frac{\text{Joule}}{\text{segundo}} = \frac{10^7 \text{ ergs}}{1 \text{ segundo}} = 10^7$$

La unidad práctica Watt, es 10:000.000 de veces la unidad electro-magnética *C. G. S.* de potencia eléctrica.

El kilowatt (kilovatio) vale mil watts, unidad que se emplea en la práctica, así como su equivalencia en ergs kilográmetros, calorías y caballos de vapor. Esta equivalencia puede calcularse según las expresiones siguientes:

$$\text{Kilowatt} = 1000 \text{ watts} = 10^{10} \text{ ergs} = 10^{10} \times \frac{1}{10^5 \text{ g}} \text{ kgm.} = 102 \text{ kgm.}$$

$$= 1,26 \text{ caballos de vapor.}$$

1 kgm. = 0,0098 kilowatts = 1 caballo de vapor = 0,740 kilowatts

En la industria, teniendo en cuenta que la energía eléctrica es el producto de la potencia eléctrica por el tiempo, se adopta la unidad de energía llamada *watt-hora* (vatio hora) y un múltiplo de esta unidad el kilowat-hora (kilovatio-hora).

Watt hora = watt $\times$ 3600 segundos = 3600 watt segundos

y como

$$\text{Watt} = \frac{\text{joule}}{\text{segundo}} \text{ watt-segundo} = \text{joule}$$

Watt-hora = 3600 joules.

Resistencia específica. — La resistencia específica, como hemos visto al principio, es el producto de una resistencia por una superficie dividida por una longitud y se expresa en el sistema de unidades prácticas en micro - ohms, ohms centímetros o mega - ohms - centímetro.

Conductibilidad específica. — La conductibilidad específica, es por definición, la inversa de la resistencia específica.

Corrientemente se dice, que la conductibilidad de un conductor es la relación de la resistencia a la de un conductor de cobre de las mismas dimensiones, reducidas ambas resistencias a la temperatura del hielo fundente.

Así se expresará la conductibilidad por el tanto por ciento de la del cobre puro. (Cobre de Matteessen, cuya resistencia específica a cero grado centígrado es de 1.621 micro - ohms centímetro).

Medida de la intensidad de la corriente

MÉTODO ELECTROQUÍMICO

Este método está fundado en las leyes de Faraday.

Conocido el peso de hidrógeno que desprende un coulombio al atravesar un voltámetro de agua, siempre que se recoja este peso en un segundo, la intensidad de la corriente será de un amperio.

Si el tiempo fuera diferente, entonces, esa intensidad se podría determinar por la fórmula

$$I = \frac{P}{n \times 0.010384}$$

en la cual, I es la intensidad que se busca, P el peso de hidrógeno desprendido expresado en miligramos, n, el número de segundos durante los cuales circuló la corriente y 0.010384 los miligramos de hidrógeno que desprende en cada segundo la corriente de un amperio.

Para medir las intensidades de corriente el uso del agua

como electrólito, presenta el inconveniente de tener que practicar medidas de volumen de gas, para calcular su peso, lo que trae aparejado las correcciones de presión y temperatura.

Es preferible reemplazar el agua por una sal de cobre, casi siempre el sulfato, y en este caso la fórmula anterior se convierte así:

$$I = \frac{P}{n \times 0.3287}$$

fórmula en la cual P es el peso de cobre depositado en el catodo y 0.3287 el número de miligramos de este metal que deposita un amperio.

Se aconseja emplear para esta medida voltámetros de poco volumen para impedir elevaciones de temperatura, así como dispositivos apropiados para facilitar la adherencia de los depósitos metálicos o para permitir recoger exacta y fácilmente al cuerpo que ha de medirse o pesarse; hidrógeno o cobre.

MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO

Brújula de senos y tangentes

La brújula de seños y tangentes consta de un bastidor que gira alrededor de un eje vertical, midiéndose el arco que describe en el círculo horizontal por una alidada que participa de su movimiento.

Este aparato puede usarse colocando el plano del bastidor en el meridiano magnético y midiendo el ángulo de desviación en el limbo horizontal que es graduado, con lo cual resulta que la intensidad es directamente proporcional al ángulo de desviación.

También puede emplearse haciendo girar al bastidor hasta que contenga en su plano a la aguja; en este caso la intensidad de la corriente es directamente proporcional al seno del ángulo, apreciado por el movimiento de la alidada.

Cuando se emplea este aparato como brújula de tangentes, es necesario agregarle una pequeña aguja con prolongaciones de alambre no magnético que llegan hasta la graduación.

La constante de una brújula de tangentes puede determinarse estableciendo en un circuito una pila de corriente constante, un voltámetro con disolución de sulfato de cobre y la brújula orientada y nivelada, haciendo pasar la corriente durante un tiempo dado y anotando la desviación de la aguja.

El aumento de peso de la lámina negativa del voltámetro permite calcular la intensidad de la corriente por la fórmula expresada y, conocidos entonces los valores de I. y de a, se despeja K. que es la constante que buscamos.

Galvanómetros

Los galvanómetros generalmente usados en metrología pueden agruparse así:

1. Aquellos en los que el circuito recorrido por la corriente es fijo y el imán móvil.

2. Aquellos en los que el circuito recorrido por la corriente es móvil en el campo de un imán fijo.

El principio de los galvanómetros del primer grupo es la experiencia de Oerstedt y la regla de Ampere ya enunciadas: cuando una aguja imantada es colocada en la vecindad de un conductor atravesado por la electricidad, se desvía de su posición de equilibrio.

La existencia, sentido y magnitud de la desviación sirven para determinar la existencia, el sentido y la intensidad de la corriente.

Para desviaciones débiles de la aguja tenemos:

$$I = K a$$

fórmula ya expresada y en la que K es un coeficiente de proporcionalidad para cada aparato y que se investiga de una vez para todas.

La intensidad es proporcional al ángulo de desviación.

A este grupo de aparatos pertenecen los galvanómetros de Nobili y Thomson.

La sensibilidad se puede aumentar multiplicando la acción de la corriente por un cuadro multiplicador. Para una misma intensidad, la fuerza que actúa sobre el imán es proporcional al número de espiras que rodean a la aguja.

También puede aumentarse la sensibilidad disminuyendo la acción del campo magnético terrestre que se opone a la desviación. Puede lograrse ésto con el imán compensador o con el sistema astático.

El imán compensador consiste simplemente en un imán colocado cerca de la aguja y orientado en tal forma, que las líneas de fuerza de su campo magnético sean opuestas a las del campo de la tierra. Haciendo variar la distancia del imán se varía la sensibilidad.

El sistema astático harto conocido, consiste en dos agujas de igual intensidad magnética superpuestas separadas y cuyos polos de nombre contrario se miran el uno al otro.

GALVANÓMETRO DEPREZ Y D'ARSONVAL

Es un aparato o instrumento aperiódico porque marca inmediante la desviación sin producir períodos de oscilaciones.

Consta de un imán en forma de herradura en cuyo centro hay un cilindro de hierro dulce para uniformar el campo; entre el hueco que queda entre el imán y el cilindro puede moverse un alambre de cobre muy delgado y arrollado en forma de rectángulo cuyos extremos comunican con unos alambres delgados, de plata, unidos a los bornes por donde entra y sale la corriente.

El alambre de plata superior sostiene al circuito móvil y lleva una aguja o un espejo cóncavo que por reflexión permite observar las pequeñas desviaciones. (El primer modelo se llama astático y el segundo de reflexión).

Al pasar la corriente el alambre de cobre gira, tendiendo a colocarse perpendicularmente a las líneas de fuerza y si me-

dimos el ángulo a de desviación, la intensidad de la corriente se determina por la fórmula conocida:

$$I = K a$$

Cuando hay que medir corriente de alguna intensidad con galvanómetros sensibles se les adiciona un *shunt.*

La sensibilidad máxima de un galvanómetro es máxima cuando su resistencia propia es igual a la resistencia del circuito exterior.

Así, debe usarse un galvanómetro de hilo corto y grueso para un circuito exterior de pequeña resistencia y un galvanómetro de hilo delgado y largo para un circuito exterior de gran resistencia.

GALVANÓMETROS INDUSTRIALES

Son los instrumentos de medidas llamados *amperómetros* o *amperímetros* cuyo principio fundamental difiere muy poco de los galvanómetros descriptos que llamamos de laboratorio.

Así, el amperómetro de Deprez Carpertier se compone de un imán y dos carretes fijos entre los cuales puede moverse una barra de hierro dulce sin salir del plano del imán.

Cuando no pasa corriente por el hilo, la pieza de hierro dulce se sitúa paralela a la línea de la terminación de las ramas del imán; pero al pasar la corriente se altera el magnetismo del hierro dulce y la barrita cambia de posición acompañándola en su movimiento una aguja que gira en un círculo graduado en amperios.

Medida de la resistencia de los conductores

Recordaremos algo de la resistibilidad o resistencia específica

Ya dijimos al enunciar las unidades de medida que medir una cantidad es compararla con la unidad que en el caso de la resistencia es el *ohms* u *ohmio,* es decir la resistencia que

tiene a cero centímetro cuadrado de sección y de 106 centímetros de longitud.

Sabemos por la ley de Ohm, que la resistencia de un conductor depende de su longitud y de su sección, así como de un coeficiente parásito o constante propio de cada metal; la resistibilidad o resistencia específica y que representa la resistencia que ofrece al paso de la corriente *cc* del cuerpo a que se refiere.

La resistibilidad depende generalmente de la temperatura aumentando al mismo tiempo que ella, pero en proporciones variables.

APARATO DE MEDIDA OHMIOS TIPOS, CAJAS DE RESISTENCIAS

Esta medida requiere tipos de comparación ya sea de la unidad misma o de sus múltiplos.

Para el primer caso se emplean los *ohmios tipos* que consisten en tubos de vidrio llenos de mercurio, de longitud y sección igual a la unidad o alambres cuya longitud y diámetro se calculan de manera que respondan a la misma unidad.

Para los múltiplos se emplean las cajas de resistencias cuya descripción se obvia al inspeccionar la figura adjunta.

PUENTE DE WHEATSTONE

Suponiendo que una pila *P* produzca una corriente que se bifurque en un punto para volver a reunirse en el otro electrodo de la pila y que pueda decirse que se forma un paralelogramo en una de cuyas diagonales está la pila y en la otra diagonal un galvanómetro formando con el hilo conductor lo que se llama un puente.

Llamando i a la intensidad en el lado a y r a su resistencia; r' i' a las cantidades correspondientes del lado b.

Las intensidades en los lados contiguos serán las mismas y las resistencias R y R.

Aplicando la ya enunciada segunda ley de Kirchoff en el caso que no se desviara la aguja del galvanómetro, cuando se

cierra o se abre el circuito de la pila, lo que nos indica que la intensidad de corriente es *O*, tendremos en el primer circuito cerrado:

$$i\,r - i'\,r' = 0 \qquad i\,r = i'\,r'$$

y en el segundo:

$$i\,R - i'\,R' = 0 \qquad i\,R = i'\,R'$$

y partiendo ordenadamente, resultará:

$$\frac{r}{R} = \frac{r'}{R'} \text{ ó bien } \frac{r}{r'} = \frac{R}{R'}$$

es decir, que en el paralelógramo de Wheatstone "la razón de la resistencia de los dos lados donde termina un reóforo es la misma que la correspondiente a los otros dos cuyo vértice se une al segundo reóforo de la pila" siendo contiguos en los otros ángulos los numeradores y denominadores.

Prácticamente es un poco difícil establecer el orden de los términos en esta proporción y para evitar dudas podría enunciarse el puente de Wheatstone, en virtud de que $Rr' = R'r$ diciendo, que son iguales los productos de las resistencias de los lados opuestos del paralelógramo.

MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE UN ALAMBRE

1.° *Por medio del reostato y de un galvanómetro diferencial* — Valiéndose de una bifurcación se envía la corriente de la pila al reostato por una parte y por otra al hilo cuya resistencia se quiere medir intercalando un galvanómetro diferencial.

Se varían las resistencias del reostato hasta que la aguja del galvanómetro permanezca estacionaria en cuyo caso la resistencia del alambre es igual a la resistencia conocida del reostato.

Puede también medirse la resistencia por medio del puente de Wheatstone.

La medida de la resistencia interna de la pila y la de los electrolitos no puede medirse por los medios corrientes.

En los electrolitos la fuerza electromotriz de polarización es contraria a la del generador empleado para originar la corriente por lo que daría resistencias mayores de las que en realidad poseen.

Evítase esto empleando el puente de Kohlrausch que esencialmente está constituído por un puente de hilo en el que se ha sustituído la pila por un carrete de Rhusukorff para que la corriente sea alternativa no originándose así descomposición química y por lo tanto fuerza electromotriz de polarización.

Como indicador del equilibrio del puente en vez del galvanómetro se emplea un teléfono que dejará oir sonidos mientras no se haya conseguido el equilibrio.

MEDIDA DE LA FUERZA ELECTROMOTRIZ

Varios son los procedimientos para medir esta constante y pueden clasificarse en dos grupos:

ELECTROESTÁTICOS Y ELECTROMAGNÉTICOS

Para cualquiera de los dos métodos es necesario definir la unidad *voltio* lo que se consigue con las llamadas *pilas tipos.*

Entre ellas tenemos al elemento Daniell cuya fuerza electromotriz es de 1.49 voltios y a la pila de Latimer Clark que a la temperatura de 15° c. desarrolla 1.434 voltios y que está constituída por un tubo en *u* conteniendo a los electrodos, uno de ellos formado por mercurio puro y sulfato mercurioso y el otro de zinc puro y sulfato de zinc.

También hemos de citar las pilas termoeléctricas que presentan una corriente débil pero constante de temperaturas determinadas.

Los métodos electroestáticos se fundan en el empleo de electrómetros.

Los métodos electromagnéticos se practican con galvanómetros de gran resistencia montados en derivación.

VOLTÍMETROS

Los voltímetros aprecian en *voltios* la diferencia de potencial.

Son instrumentos análogos a los amperometros diferenciándose en que la lámina de cobre que forma el carrete en éstos está sustituída por un hilo de alambre fino de cobre aislado y de gran longitud por cuya razón presenta una resistencia que puede llegar hasta 2000 ohmios.

Los voltímetros se colocan en derivación así que si la corriente según la ley de Ohm es

$$I = \frac{E}{R}$$

permaneciendo R constante por ser la resistencia del aparato, las indicaciones serán proporcionales a la fuerza electromotriz E.

La graduación de los voltímetros es empírica.

El Eter

La luz cuya velocidad de propagación es de 300.000 kilómetros por segundo es el resultado de la vibración rapidísima de los cuerpos luminosos propagada por vibraciones de oscilaciones perpendiculares a la dirección de propagación.

El medio imponderable de propagación de la luz es el éter.

Se acepta hoy que las fuerzas electro - magnéticas se propagan a través del éter y que las radiaciones son un caso particular.

Las fuerzas electro - magnéticas se revelan como estados de tensión del éter distribuídos según las líneas de fuerza.

El éter sería la fuente y base de todas las energías, sería el medio universal del cual surgen los fenómenos dinámicos o cinéticos, la unidad de materia, la unidad de electricidad.

Hasta la gravedad parecería tener su nacimiento en el éter.

El éter no tiene representación objetiva porque no impresiona nuestros sentidos.

La idea o la génesis de la teoría del éter tiene su origen conjuntamente con la noción de la luz.

Leonardo de Vinci fué el primero que emitió una teoría ondulatoria de la luz.

Antonio de Dominis y Marcos Marci sostuvieron que la luz era independiente de la materia.

Galileo sostuvo la teoría de Leonardo de Vinci y llegó hasta atribuir una velocidad mayor que la del sonido.

Grimaldi aceptó la teoría ondulatoria y estudió la vibración de la luz. Hnyghens y Keplerh y HooRe siguieron la teoría de Leonardo de Vinci.

Newton sostuvo la teoría de la emisión creyendo que los corpúsculos de la materia proyectados por los cuerpos incandescentes y que constituían la sustancia de la luz podían provocar ondulaciones del éter. Newton creía que el éter penetraba a todos los cuerpos, que su densidad variaba de un cuerpo a otro y que en las vecindades de la materia estaba deformado.

La cohesión molecular, la elasticidad, etc., tendrían su causa en la distinta densidad del éter.

El éter sería la causa de la rigidez de la materia de las atracciones y repulsiones eléctricas y magnéticas y sería la base de la gravedad.

El éter de Newton es menos denso en la materia que al estado libre, es menos denso cerca de los astros que lejos de ellos. El éter tendría una fuerza considerable de elasticidad con viscosidad casi nula.

Después de Newton los físicos dejaron de lado la concepción del éter contentándose con suponer a la luz como el producto de una ondulación y haciendo cálculos matemáticos sobre esa base.

Thomas Young, etc., dieron impulso e imperio a la teoría de las ondulaciones.

Faraday y Ampere siguieron el mismo camino.

Maxwell con su teoría electrónica llevó el éter a ecuaciones y Hertz llegó a una prueba experimental de esta teoría.

Puede estudiarse al éter como agente transmisor de las radiaciones verdaderas o como asiento de los campos eléctricos y magnéticos y de los fenómenos de inducción, fenómenos ligados entre sí por la ecuación de Maxwell.

Radiaciones. — Actualmente los físicos aceptan dos especies de radiaciones: las radiaciones verdaderas constituídas por la transmisión de un movimiento ondulatorio y las radiaciones de emisión o sea la trayectoria de las partículas electrizadas cuya velocidad es menor que la de luz pero de magnitudes del mismo orden.

Las radiaciones verdaderas son las que ofenden directamente a nuestros sentidos o sean las radiaciones luminosas, cuyo concepto anterior newtoniano era el de la emisión impugnado entre otros por Fresnell y que hoy quisiera cobrar de nuevo un relativo impulso nacido a raíz de las observaciones de algunos fenómenos como la presión que ejerce el rayo luminoso sobre las superficies materiales.

Junto a las radiaciones luminosas y siempre entre las radiaciones verdaderas se encuentran los rayos infra - rojos, los rayos de Rubens y las radiaciones hertzianas más hacia acá del rojo y los rayos ultra - violados probablemente los rayos X y los rayos Y del radium más hacia acá del violeta.

El conjunto de esas radiaciones constituye una gama donde cada color o cada radiación está caracterizada por su longitud de onda cuya medida desde el violeta hasta el rojo es de 0. μ 4 a 0. μ 8 y cuyos períodos tienen $\frac{1}{375}$ de la trill'onesima de segundo para el rojo y $\frac{1}{750}$ para el violeta.

Estas medidas han tenido extensión, actualmente con las radiaciones del infra rojo, rayos de Rubens, radiaciones hertzianas y con los rayos X o γ del radium.

Las radiaciones verdaderas están constituídas por los

rayos a y b del radium y de los cuerpos radioactivos, por los rayos catódicos y por los rayos canales de las ampollas de vacío.

Los rayos β y los rayos catódicos están formados por partículas cargadas negativamente o sea por electrones que se mueven con velocidades variables, pero siempre con magnitudes del orden de la luz aunque inferior a ella.

Los rayos α y los rayos canales están formados por partículas cargadas positivamente, tal vez por iones o átomos materiales privados de uno o varios electrones y cuya velocidad es menor que la de los electrones.

En determinadas experiencias los rayos positivos parecen tener la misma magnitud que los electrones, así que la unidad positiva de electricidad no puede ser precisada con exactitud.

La causa de las radiaciones luminosas son las ondulaciones del éter como lo prueba el índice de refracción expresado por Kepler y luego por Descartes los fenómenos de polarización, interferencias de Fresnel, las experiencias de Arago y la difracción de la luz.

Fuera de la materia no hay ningún ejemplo de que origine fenómeno luminoso o electromagnético; siempre es necesaria la materia para llegar a las radiaciones o a la inducción eléctrica.

En la materia de los conductores se encuentra la base para la producción de las radiaciones de gran longitud de onda como las radiaciones Hertzianas que son el producto de las oscilaciones de las cargas eléctricas.

La materia calentada a temperaturas crecientes o fenómenos materiales especiales son los que originan las radiaciones del infra - rojo luminosas y del ultra violado.

Entre los fenómenos materiales especiales se cuenta a los fenómenos de luminiscencia por acciones mecánicas o químicas.

Los rayos X y los rayos γ del radium son debidos a los cambios bruscos de velocidad de centros casi materiales de electrones negativos.

En resumen no es posible producir radiaciones sin la ma-

teria como no es posible concebir las ondulaciones del éter sin el movimiento de aquélla.

Las tendencias actuales llevan a considerar a la materia como una forma transitoria de la energía, cuya unidad sería el electrón.

Las diferentes radiaciones se dividen en radiaciones eléctricas, rayos hertzianos, radiaciones visibles infra - rojo y ultra violeta, y radiaciones nuevas, rayos X y rayos Y del radio.

Rayos de Hertz e inducción eléctrica. — La inducción eléctrica podría definirse así: toda corriente eléctrica variable, en particular toda corriente alternativa crea alrededor suyo un campo magnético variable y todo conductor eléctrico independientemente colocado en este campo variable es la base de una fuerza electromotriz inducida.

Si consideramos al espacio que existe entre el inductor y el inducido, este espacio es la base de variaciones del campo en el cual se propagan las corrientes a través del éter.

Se ha dado en establecer comparaciones de esa transmisión con las ondas líquidas producidas en la superficie de las aguas tranquilas cuando cae un cuerpo sólido denso.

Así el éter sería el trasmisor de la energía electromagnética conforme el líquido lo es de la energía cinética molecular.

A cada desplazamiento de la onda etérea corresponderá a un movimiento de electricidad en el circuito inducido y cuando los desplazamientos sean pendulares, oscilantes, es porque se ha producido una corriente alternativa y cuando la frecuencia de esta corriente aumente, aumentará también la frecuencia de la corriente inducida porque el isocronismo de las oscilaciones es el mismo en todo el sistema.

La teoría electrónica de la corriente en los metales nos lleva a una definición más precisa: cuando en un circuito una fuerza electromotriz hace oscilar a los electrones libres según el eje del conductor de manera que se produzca una corriente alternativa, los electrones libres del circuito inducido recibirán por mediación de las ondas de desplazamiento del éter una oscilación sincrónica.

Las oscilaciones de los electrones siguen las mismas leyes que las de transmisión del sonido en acústica y su período de oscilación propia a un circuito se determina por su coeficiente de extra-corriente y por su capacidad.

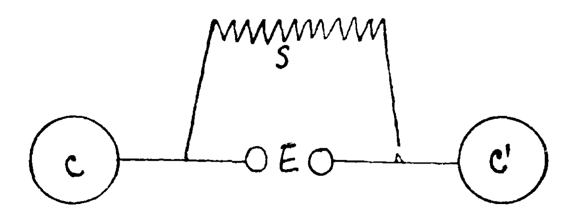
Así, en términos generales, si llamamos T al período de un circuito en función del coeficiente de self - inducción L y C a la capacidad, tendremos

$$T = 2 n \sqrt{LC}$$

Cuando el circuito inductor y el circuito inducido están en resonancia o sea cuando tienen el mismo período propio, el circuito inducido será la base de una corriente tanto más enérgica y cercana al isocronismo.

Imaginémosnos dos circuitos espiralados o diapasones sincrónicos separados por un espacio de aire, uno de ellos excitado emite sonidos y el otro se pone en movimiento y produce un sonido parecido, entre uno y otro, como agente de transmisión de las ondas de desplazamiento no existe nada interpuesto.

Si en uno de estos circuitos hacemos que oscilen electrones libres con una frecuencia de un millón de períodos por segundo en el acto se producirán en el otro circuito fe-



menos de inducción transmitidos por las ondulaciones del éter interpuesto y si alejamos casi al infinito la distancia de los circuitos la inducción eléctrica seguirá produciéndose y esa energía transmitida por el éter son las radiaciones de Hertz.

Hertz, para conseguir oscilaciones extremadamente rápi-

das, tuvo que disminuir la capacidad y la self - inducción del circuito movilizando masas eléctricas considerables.

El dispositivo de Hertz consiste en dos esferas metálicas C C' reunidas por un conductor discontinuo o sea interrumpido en E, las esferas están de alto potencial S máquina electro estática o bobina de inducción. El vacío en E permite que las esferas se pueden cargar a una diferencia de potencial tal que cuando la resistencia del dieléctrico E sea vencida, las fuerzas electromotrices puedan movilizar con bastante energía a una cantidad suficiente de electricidad para producir efectos apreciables.

Si en vez de emplear dos esferas se emplean las armaduras de un condensador en comunicación con un circuito de extra - corriente se tiene la disposición de Tesla.

Si se emplea dos botellas de Leyden se tiene el dispositivo D'Arsonval. Cualquiera que fuera el aparato empleado sus órganos esenciales tienen que ser:

1.° Capacidades o depósitos para almacenar temporariamente a la masa de electrones movilizados.

2.° Un generador capaz de establecer una diferencia de potencial entre esas capacidades.

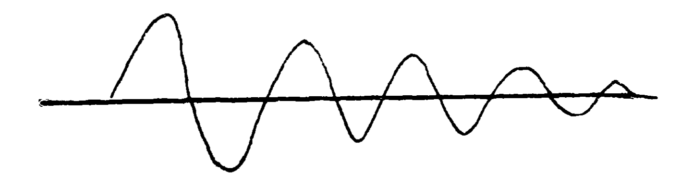
3.° Un conductor que una a las dos capacidades y al largo del cual se operarán las oscilaciones eléctricas.

4.° Un conector automático que es la chispa, ésta salta en E cuando la carga es suficiente y es la chispa oscilante de Feddersen.

Cada vez que se produce la chispa se manifiesta en el conductor una corriente alternativa, de alta frecuencia y de alta tensión con sus períodos de silencio. Así, que alrededor del conductor el éter sufre desplazamientos que se transmiten bajo la forma de ondulaciones sincrónicas con las ondulaciones eléctricas y que son las llamadas corrientes de desplazamiento de Maxwell. variaciones pendulares del campo magnético o rayos hertzianos.

Para mejor comprensibilidad podríamos suponer dos vasos comunicantes unidos entre si por un tubo lateral gobernado por una llave. Si uno de los vasos está lleno y abrimos la llave el agua tiende a alcanzar niveles iguales en los dos vasos a

lo que llegará después de una serie de oscilaciones y si quisiéramos dar una representación gráfica al fenómeno podríamos establecer una curva, colocando en ordenadas las diferencias de nivel y en abscisas a los tiempos con lo cual nos resultaría un trazado así:



que es una curva igual a la de los rayos de Hertz.

Teoría de Maxwel. — Cuando la corriente continua atraviesa a una solución electrolítica o sea a una solución compuesta de un disolvente no conductor y de moléculas disociadas, iones en suspensión en ese medio dieléctrico las cargas eléctricas son transportadas por conección.

Si la corriente de alta frecuencia atraviesa a una solución electrolítica, la corriente pasa y la inercia de los iones líquidos es suficiente para que no sean desplazados en tiempos tan pequeños, billonésimo de segundo, entre una fase y otra fase de desplazamientos contrarios.

Así que no se producen los fenómenos iónicos propios de la conductibilidad electrolítica.

El cuerpo humano que constituye un electrolítico complejo puede ser sometido a corrientes de alta frecuencia de más de un amperio y de millares de ohmios y este fenómeno puede explicarse por la teoría electrónica, relativa a los dieléctricos sustentada por Maxwel.

Si formamos un circuito con un hilo metálico y si interponemos en él a un condensador formado por una lámina de vidrio y dos hojas de papel de estaño en sus dos caras, al colocar en comunicación con una pila observaremos que la lámina dieléctrica del condensador no dejará pasar a la corriente, pero tampoco jugará el rol de un obstáculo inerte porque la influencia de la naturaleza del dieléctrico sobre la capacidad de los condensadores así lo prueba.

Esta lámina se comporta de manera distinta a como se comporta el conductor metálico, los iones o sea la electricidad se mueve hacia adelante sin retrogradar, salvo el caso despreciable, de que la self inducción tienda a crear una contra corriente momentánea.

En el dieléctrico, hay también un desplazamiento pero a la manera de un resorte que cesa de actuar cuando la causa de la deformación deja de obrar. Este desplazamiento es debido al éter; los electrones provenientes del circuito y de las armaduras no pudiendo atravesar al dieléctrico se acumulan en su superficie y presionan tanto más el resorte cuanto mayor sea el poder inductor específico del dieléctrico o si se quiere, cuanto mayor sea la densidad del éter.

Acá hay puntos de contacto entre la óptica y la electricidad; habría una relación entre el poder inductor específico y el índice de refracción ya que el éter en óptica es más denso en la materia que en el vacío.

Cuando la fuerza electromotriz deja de actuar el resorte presionado, deja de serlo y vuelve a su normalidad y las cargas del dieléctrico vuelven hacia atrás, así ninguna carga ha pasado pero ha habido un doble movimiento de electricidad.

Si en vez de intercalar en el circuito a una pila hubiéramos intercalado a una fuente de corriente alternativa, como una dinamo de corriente sinusoidal, en el dieléctrico ocurrirían desplazamientos en un sentido en las fases pares y en otro sentido en las fases impares, de manera que en el hilo conductor sería posible un movimiento de electricidad a pesar de la acción del dieléctrico en el circuito.

Este movimiento de electricidad puede producir efectos térmicos o mecánicos de la misma manera que cuando en los circuitos alternos se interponen condensadores.

Cuando una corriente de alta frecuencia atraviesa a un circuito cerrado corresponde un movimiento de va y ven de electrones a lo largo del conductor pero en razón de la rapidez de las oscilaciones se producen de trecho en trecho cargas electroestáticas y la corriente no cesará aún cuando se interponga un dieléctrico.

Cuanto mayor sea la frecuencia mayor será la producción de fenómenos electroestáticos y la capacidad electroestática del circuito jugará un rol más importante.

Los electrones libre del conductor, al igual que en electrodinámica tienden a ocupar la superficie del conductor como las cargas electroestáticas. Bjerknes ha constatado que los hilos de vidrio recubiertos con una delgada capa de hierro o de cobre se comportan como los de mayor espesor.

Fizeau y Gounelle han probado que cuando en un conductor metálico se produce una perturbación eléctrica de corta duración el frente de la onda se propaga con la velocidad de la luz mientras que el final de la onda sufre cierto retardo, función de la resistencia ohmica del conductor.

Blondlot comprobó que con las corrientes de alta frecuencia no se produce ese retardo.

Los fenómenos de inducción y las ondas hertzianas llegan a revelar a las corrientes de desplazamiento de Maxwell.

Cuando las cargas de los conductores son oscilantes las deformaciones del éter alrededor de los conductores sufre deformaciones tales que llegan al carácter de ondulaciones, ondulaciones circulares que rodean a los conductores y a los dieléctricos del circuito.

Las corrientes de baja frecuencia alternativas, producen el mismo fenómeno pero es más notable cuanto mayor sea la frecuencia.

Cuando la frecuencia es grande, un circuito abierto puede originar a su alrededor circuitos concéntricos de desplazamiento que se propagan a distancia como las ondas de las antenas generatrices de la telegrafía sin hilos.

Maxwell llega entonces a que estos fenómenos de inducción y ondas electromagnéticas son corrintes de desplazamiento en el éter.

Una hipótesis tal traería sus dudas sobre el éter pero los trabajos de Hertz, Sarasin y de la Rive llegaron a poner en claro la cuestión.

Experimentalmente se llega a comprobar que las ondulaciones hertzianas son oscilaciones transversales del éter análogas a los rayos luminosos polarizados.

Cuando los rayos de Hertz chocan con la superficie de la materia la pueden atravesar o ser detenidos por ella.

Los dieléctricos son atravesados por las radiaciones hertzianas como si fueran resistentemente elásticos; los metales las detienen como si tuvieran una resistencia viscosa.

Al chocar una onda hertziana sobre una placa de metal, su fuerza viva se transforma en gran parte en calor, los electrones libres del metal, solicitados por el campo eléctrico alternativo del rayo, oscilan en el plano de vibración y la fuerza viva que así recibe sirve para acelerar su velocidad de agitación propia con lo cual aumenta su calor y para originar corrientes de desplazamiento en el medio exterior bajo la forma de rayos hertzianos secundarios.

Cuando los rayos hertzianos atraviesan a los dieléctricos sufren un retardo en su velocidad y una desviación en su dirección análoga a la de los rayos luminosos.

Los rayos hertzianos se reflejan, se refractan, se difunden y dan interferencias.

Los rayos de Hertz se polarizan y se puede probar el fenómeno con la red de Hertz.

Radiaciones luminosas. — Actualmente se sustenta la teoría expuesta por Maxwell de que las radiaciones luminosas son la propagación de oscilaciones electromagnéticas a través del éter y que estas radiaciones sólo diferirían de las radiaciones hertzianas por su frecuencia y por algunos caracteres accesorios.

Las oscilaciones de los electrones producidas por diferencias de potencial eléctrico alternantes en los conductores tiene un límite en su frecuencia llegando a obtenerse ondulaciones de Hertz de longitud de onda 10 mm., mientras que la longitud de onda del infra-rojo es del orden de micra.

Dada la similitud de radiaciones y dada la misma causa originaria de la mayoría de los fenómenos físicos análogos es lógico suponer que la aceleración de los electrones sea la causa de las vibraciones luminosas.

De los hechos experimentales surge la deducción de la existencia del átomo y conjuntamente con él, la presencia de electrones en movimiento.

La materia de los cuerpos que nos rodean, en general, se hace visible a nuestros sentidos cuando recibe la luz de las fuentes luminosas y la refleja. Esta observación nos lleva a deducir que sus átomos constitutivos encierran electrones en movimiento y que ese movimiento no es el originario de las ondulaciones del éter.

Si los movimientos correspondieran a las ondulaciones llegaríamos a negar la inmutabilidad de la materia porque habría que suponer una pérdida constante de energía radiante sin pérdida del sistema generador.

La materia en determinadas condiciones es luminosa como en el caso de la incandescencia y de la luminiscencia en los que los elementos materiales dan lugar a la emisión de radiaciones visibles.

Examinando la incandescencia y la luminiscencia, a primera vista, creeríamos que el fenómeno se debería únicamente a la agitación térmica de los electrones libres como se habló para explicar a los fenómenos eléctricos y térmicos de los metales y en los dieléctricos pero recordando que la materia fría, es decir debajo de su punto de incandescencia, puede ser luminosa y que en muchos casos hay una relación entre la naturaleza del átomo luminoso y la longitud de onda de la radiación emitida llegaríamos a creer en una especificidad atómica en la producción de luz.

Algunos hechos llegan a esclarecer a esta hipótesis, entre otras; el estudio de las radiaciones producidas por la materia sólida o líquida al ser calentada progresivamente en la cual la energía radiante producida está ligada a la temperatura absoluta por una relación experimental deducida de la teoría electrónica; la relación entre la longitud de onda de la radiación de mayor energía producida por los sólidos o los líquidos incandescentes con la temperatura absoluta, la especificidad del espectro de emisión de cada gas o de cada vapor, en condiciones determinadas y el espectro de emisión de las moléculas fosforógenas en los cuerpos fosforescentes.

La materia sólida o líquida llevada a la incandescencia da un espectro de emisión continuo y este espectro es el mismo para todos los cuerpos cuando se les considera como radiadores integrales.

Cuando un rayo de luz solar atraviesa a un prisma se produce el fenómeno de dispersión lo que es debido a que la luz blanca está formada por rayos monocromáticos cuyas longitudes de onda varían desde 0 u 4 a 0 u 8 aproximadamente cuando atraviesan al prisma como su índice de refracción en cada uno de ellos es diferente al del cristal se desviarán tanto más cuanto menor sea su longitud de onda.

En la dispersión podría considerarse al Sol como a un generador de movimientos electrónicos múltiples cuyas frecuencias variarían desde 375 trillones hasta 750 trillones por segundo sin ninguna solución de continuidad en la gama de las vibracioes.

En el espectro colar hay, sin embargo, bandas o franjas negras debidas a la absorción de radiaciones componentes por la atmósfera terrestre (rayas telúricas) o por la del Sol (rayas solares) y cuyas longitudes de onda están determinadas.

Cuando se observa el espectro de los cuerpos llevados a la incandescencia se ve que es un espectro continuo.

Todos los cuerpos a la temperatura ordinaria y aun a bajas temperaturas, cercanas al cero absoluto, mientras haya agitación térmica, emiten radiaciones obscuras que se las llama caloríficas y cuya longitud de onda es superior a las del rojo visible.

Cuando se calienta gradualmente a un cuerpo, a medida que su temperatura se eleva la frecuencia de las radiaciones emitidas aumenta, las longitudes de onda son más pequeñas y cuando llegan a 600° empiezan a impresionar a nuestra retina y el cuerpo se dice que ha llegado a la temperatura del rojo sombra.

El espectro del rojo sombra es análogo al del extremo inferior del espectro solar no comprendiendo más que al rojo extendido hacia el anaranjado según el grado térmico y más hacia allá de la región visible, como en el espectro solar, presenta un infra - rojo.

Si seguimos calentando al cuerpo a medida que la temperatura se eleva el espectro se va extendiendo hacia el amarillo, verde, azul, índigo y violado.

Al aparecer el espectro del violado la temperatura alcanza-

da por el cuerpo llega a unos 1.000° y se dice que ha llegado a la incandescencia blanca.

Estos fenómenos es posible observarlos estudiando al espectro dado por una lámpara de incandescencia atravesada por una corriente de intensidad creciente.

Sólidos y líquidos llevados a un mismo grado térmico dan, en principio, un mismo espectro continuo.

Cuando los cuerpos no son radiadores integrales se observan diferencias espectrales.

Guillamne, llama radiadores integrales a los cuerpos idealmente negros.

El concepto de radiador integral tendría una realización visible cuando observamos el fondo de cavidades ahuecadas en los cuerpos incandescentes porque, entonces, las radiaciones recibidas por reflexión o por difusión son absorbidas como si se tratara de un cuerpo idealmente negro.

Las radiaciones emitidas parece que son una función simple del estado térmico de la materia independiente de la naturaleza de esa materia.

Todos los cuerpos cuando no están a la temperatura del cero absoluto irradian energía bajo la forma de radiación térmica.

Si colocamos a un cuerpo entre otros que emitan como él, energía radiante, este cuerpo absorbe energía y la parte absorbida provocará una elevación térmica hasta que el equilibrio quede establecido entre los diferentes cuerpos del mismo recinto.

Una vez que ese estado de equilibrio se ha producido, los cuerpos siguen irradiado energía aún cuando no la reciban de los cuerpos vecinos y cada uno la transforma en calor pero su temperatura propia no aumenta porque pierden por radiación lo que adquirieron por absorción.

Ley de Kirchhoff.— Así que el poder emisivo debe ser igual al poder absorbente que es el principio o ley de Kirchhoff.

Se concebiría que si consideramos a un cuerpo imperfectamente negro o imperfectamente absorbente este cuerpo no será un radiador integral y si este cuerpo es desigualmente negro, desigualmente absorbente para las diferentes radia-

ciones será desigualmente apto para emitir a esas mismas radiaciones a una temperatura dada.

Kirchhoff buscó la constancia de relación entre el poder emisivo y el poder absorbente para cada radiación empleando el negro de humo cuyo poder absorbente es máximo e igual a la unidad.

La plata pulida no absorbe más que de la energía radiante incidente, refleja al resto y no transmite nada.

La sal gema trasmite a la totalidad, absorbe una cantidad despreciable y refleja un $\frac{1}{12}$.

La conclusión final de Kirchhoff en su ley que dice: el poder emisivo de un cuerpo para cada radiación y a toda temperatura es igual a su poder absorbente.

Esta ley se refiere a cuando la emisión es de origen calorífico y no cuando se considera a la luz de causa química, eléctrica o mecánica.

El principio de Kirchhoff se restringe cuando se refiere a un radiador integral llevado a una temperatura dada que ofrece un espectro continuo y el mismo para todos los cuerpos.

Lel de Stefan. — La energía radiante de la materia es una función definida de la temperatura absoluta y es la misma para todos los cuerpos cuando son radiadores integrales.

Stefan enunció la siguiente ley: la energía térmica de la suma de las radiaciones emitidas, energía total radiante, de alto a bajo del espectro por un cuerpo calentado y supuesto radiador integral es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta.

Así un cuerpo la temperatura absoluta de 1.000° irradiará n calorías por segundo y a una temperatura doble a 2.000° irradiará un número de calorías 16 veces mayor.

Basándose en la teoría electromagnética de la luz, Boltzmen dedujo directamente a la ley de Stefan. Para ello hay que tener en cuenta la presión de radiación y la energía de radiación contenida en cada centímetro cúbico.

A la ley de Stefan considerada para cada sustancia hay que agregarle un factor de especificidad propia.

Cuando el cuerpo considerado tiene un poder absorbente diferente de la unidad o sea del cuerpo negro ideal se separa de la ley de Stefan y se separa tanto más cuanto más se aleje de ella.

El poder absorbente de los cuerpos reales es una fracción de la unidad que varía con la cualidad de la radiación incidente, así la cantidad de radiación global radiante producida no es la prevista por la ley de Stefan.

Ley de Wien. — Los diferentes fascículos que componen al espectro continuo dado por un cuerpo incandescente no tiene igual energía, hay un máximo que corresponde a una longitud de onda determinada para cada temperatura.

Ese máximo se desplaza hacia las radiaciones de menor longitud de onda a medida que la temperatura se eleva.

Wien ha enunciado a ese respecto la ley siguiente: en la radiación de un cuerpo negro o radiador integral, la longitud de onda de la radiación que tiene el máximum de energía es inversamente proporcional a la temperatura absoluta del cuerpo.

Designando por X a la longitud de onda de esa radiación característica de la región espectral de intensidad máxima y por T a la temperatura absoluta tendremos: X T igual a constante que numéricamente es igual a 2.940.

Al pasar de los cuerpos idealmente negros a los cuerpos reales el poder emitivo y el poder absorbente como ya hemos dicho, varía según la radiación considerada, así la ley de Wien ha de depender de un coeficiente específico.

Espectro de gases y vapores. — Todos los gases y vapores tienen un espectro de emisión específico y dan con la luz blanca un espectro de absorción específico.

Por distintos procedimientos se llega a producir los espectros de los gases y vapores: los vapores metálicos luminosos se consiguen volatilizando al metal, generalmente al estado de cloruro, en una llama o si no en natura por medio del arco voltáico, los metales alcalinos son volátiles a la temperatura de la llama del mechero de Bunsen: para hacer luminosos a los gases ordinarios se emplea los tubos de vacío y la extra corriente del carrete y al observar se tiene cuidado de absorber los rayos del gas residual del tubo.

A la temperatura de 1500° a 2000° los gases no emiten radiaciones visibles excepción del ácido carbónico observado por Tyndall que emite radiaciones en el infra - rojo.

La emisión de luz por los gases no es un fenómeno de mutación de energía térmica en energía luminosa, sino un fenómeno particular, la luminiscencia. En efecto: la materia sólida o líquida calentada hasta la incandescencia, emite radiaciones complejas en las que existen todas las longitudes de onda, pero una de ellas predomina y depende de la temperatura absoluta, cualquiera que sea el cuerpo calentado; la materia gaseosa calentada, sólo por excepción da rayas visibles, pero bajo la acción de diversos excitantes las moléculas gaseosas son focos de emisión de radiaciones, como en los tubos de Geissler, lámparas de vapor de mercurio o por medio de las llamas y estas radiaciones dan espectros discontinuos en los que no están, por lo tanto, todas las longitudes de onda.

Colocando a la materia gaseosa, a manera de pantalla delante de un haz de rayos de espectro continuo los rayos de la misma longitud de onda son absorbidos y se obtiene un espectro de absorción superpuesto al espectro de emisión o sea un espectro invertido.

Así la ley de Kirchhoff, que se refiere a los fenómenos termoluminicos tiene su aplicación, también, a los espectros continuos.

Cuando se somete a un gas a una presión creciente su espectro de emisión tiende a volverse continuo.

Ley de Stokes. — Por influencias variables algunos cuerpos emiten rayos luminosos como ocurre con el azúcar con el fósforo, sulfuro de Zinc, sulfocianuro de bario, etc.

A ese fenómeno se le llama fosforescencia cuando persiste una vez que ha cesado la causa excitatriz y fluorescencia cuando cesa tan pronto como la causa ha desaparecido.

Un cuerpo fosforescente cuando es calentado aumenta de brillo pero el fenómeno fosforescente tiene menor duración; a esto se le llama termoluminiscencia.

Al conjunto de los tres fenómenos se les da el nombre de luminiscencia que puede ser provocada por causas químicas

como en el fósforo por oxidación en el aire: por causas mecánicas como la triboluminiscencia del azúcar en la obscuridad o por mutación de energía radiante como la radiación solar, ultraviolado, rayos catódicos, rayos X, etc., tal cual ocurre con los vidrios de urano, sulfuro de zinc, platino, cianuro de bario, etc.

La luminiscencia o radio luminiscencia es una radiación específica como puede comprobarse con el espectro y también haciendo variar la radiación, incidente que en nada cambia a la cualidad de los rayos luminiscentes.

En esta mutación de radiaciones se comprueba que los rayos luminiscentes son menos refrangibles que los rayos incidentes y esa observación llevó a que Stokes formulara su ley: toda radiación luminiscente presenta una longitud de onda mayor que la de la radiación incidente que la ha provocado.

Urbain y Bruninghans han observado que las sustancias luminiscentes no son sustancias químicamente puras y que la especificidad de las radiaciones luminiscentes está ligada a las impurezas fosforógenas que encierra.

Para Becquerel, la mayor parte de los cuerpos pueden presentar una fluorecencia instantánea y la luminiscencia sería una propiedad general de la materia.

Para Urbain las sustancias luminiscentes están formadas por la solución sólida de una impureza, el fosforógeno, en un diluyente que es el cuerpo casi puro que se considera.

El fosforógeno y el diluyente cuando están solos no son fosforescentes, de modo que el fenómeno se produce cuando están mezclados.

El mismo fosforógeno en distintos disolventes da el mismo espectro aun cuando la autonomía de la solución sólida, desde el punto de vista de la luminiscencia es menor que la autonomía de las moléculas disueltas en solución líquida respecto a la tensión osmótica.

En general el fosforógeno se encuentra en pequeña cantidad en el diluyente. El manganeso y el bismuto son fosforógenos en gran número de diluyentes en los cuales aparecen como impurezas.

Lecoq de Boisbaudran ha aislado una alumina pura desprovista de fosforescencia y que agregada de 1|100.000 de óxido de cromo se volvía fosforescente con la emisión roja característica.

No se conoce la relación que une al fosforógeno y a un diluyente y por lo tanto no puede darse una caracterización de la solución sólida.

Algunas sustancias para llegar a ser fosforescentes deben ser calcinadas repetidas veces, otras presentan el fenómeno bajo determinada forma cristalina.

De las observaciones sobre gases y vapores por una y otra parte sustancias fosforecentes se llega a que las moléculas son susceptibles de entrar en vibración por excitaciones químicas, mecánicas y electromagnéticas.

Teoría Maxwell. — Todo rayo luminoso al par que toda radiación hertziana está caracterizado, cuando nos colocamos a gran distancia de la fuente, por un campo magnético oscilante perpendicular a la dirección del rayo y al plano de agitación del electrón y por un campo eléctrico oscilante perpendicular también a la dirección del rayo pero que se confunden en el plano de vibración o de rotación del electrón. Esto está confirmado experimentalmente en lo que respecta a las radiaciones de Hertz, no sucediendo otro tanto con los rayos lumínicos en los cuales hay que penetrar en su estructura para explicar algunos fenómenos como lo hace Maxwell en su teoría electro - magnética y cuyas bases son las siguientes:

1.° Cuando un rayo de luz choca contra una superficie reflejante, la relación entre la fracción reflejada y la fracción transmitida dependerá de la orientación del plano de vibración en relación al plano de incidencia si el rayo es polarizado.

Cuando el rayo no es polarizado y si las vibraciones se verifican en todos los meridianos la reflexión separa a los rayos y el rayo reflejado tenderá a presentar cierto grado de polarización en un plano perpendicular.

2.° En la materia de estructura cristalina que presente disimetría en sus propiedades vectoriales eléctricas o magnéti-

cas, las oscilaciones electromagnéticas se comportarán de diversa manera según los meridianos.

3.° Como los rayos luminosos están constituídos por la transmisión de un campo oscilante magnético y eléctrico, campos magnéticos y eléctricos tienen que tener influencia sobre ellos, que es lo que se prueba con el llamado fenómeno de Zeeman.

4.° Por el cálculo se llega a que las radiaciones deben ejercer cierta presión sobre las superficies que bañan.

Esta presión ha sido demostrada experimentalmente y se supone la causa de ciertos fenómenos cósmicos tales como la dirección de la cola de los cometas.

5.° Cuando una radiación es absorbida por la materia es porque el campo electro-magnético que la constituía se ha anulado.

Disimetría cristalina. — La conocida experiencia de los nicoles cruzados nos da una prueba evidente de las propiedades diferentes del éter en los medios según su dirección así como de la naturaleza de las ondulaciones, luminosas tributarias de las leyes de la mecánica.

En los cristales uniejes, el rayo ordinario sigue las leyes generales de la refracción porque el elipsoide de elasticidad presenta un régimen constante para su desplazamiento, mientras que como el rayo extraordinario tiene sus vibraciones orientadas perpendicularmente encuentra una elasticidad y densidad variable en el medio. Además la suma de la intensidad del rayo ordinario y extraordinario, cualquiera que sea la posición considerada es constante e igual a la intensidad del rayo incidente.

Si juntamos a dos rayos polarizados en ángulo recto pero provenientes de un rayo también polarizado obtendremos un rayo polarizado como el incidente y si juntamos a dos rayos polarizados en igual condición pero provenientes de un rayo de la luz natural obtendremos un rayo de luz natural.

Dos rayos luminosos dan interferencias siempre que provengan de un mismo origen, dos rayos que no provengan de una misma fuente oscilante no se interfieren.

De modo que de estas observaciones se deduce que toda

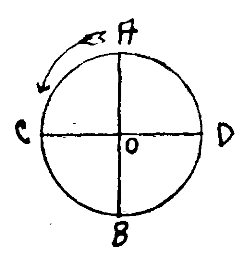
ondulación trasmitida al éter por oscilaciones electrónicas de la materia sigue meridianos cambiantes.

En la doble refracción la magnitud de las componentes según los ejes del elipsoide, es variable y por lo tanto la recombinación tiene lugar en meridianos que varían a cada instante.

Cuando el rayo incidente es polarizado aunque las amplitudes sean variables, la recombinación de las componentes dará lugar siempre a un movimiento en el mismo plano.

De la misma manera se concibe la no interferencia de rayos de fuente diferente.

Hasta aquí hemos considerado al movimiento vibratorio de un rayo polarizado como a la resultante de dos movimientos componentes orientados según ejes perpendiculares y hemos demostrado como la materia desimétrica practica ese desdoblamiento en la naturaleza. Pero también podríamos representar una descomposición más compleja; así, podríamos su-

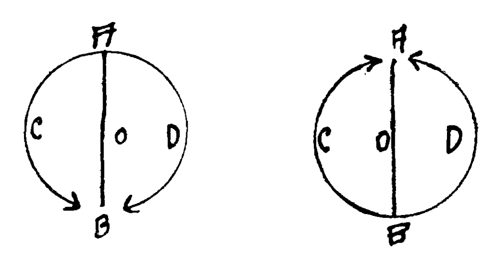


poner un movimiento AOB como resultante de dos movimientos circulares ACB y ADB y el movimiento BOA como resultante de dos movimientos circulares BCA, BDA, es decir, podemos suponer un movimiento circular continuo en el sentido ADBC y otro movimiento circular sincrónico pero inverso en el sentido ACBD, estos dos movimientos se compondrán según una oscilación rectilínea AB, BA.

Independientemente podríamos considerar al movimiento circular continuo ACBD y ver como es producido.

Para ellos supongamos que dos movimientos vibratorios polarizados en ángulo recto y sincrónicos AB y CD estén dis-

tanciados el uno del otro un cuarto de período. El punto singular O sometido a la composición de estos dos movimientos recorrerá la ruta circular ACBD y como la distancia de separación es de 1|4 de período el camino, en vez de ser circular, será elípico y el pequeño eje del elípsoide será nulo o de



medio período y la vibración compuesta se ejecutará en un plano de 45° sobre las vibraciones componentes.

Ahora aplicando esta teoría: si tomamos dos nicoles cruzados y repetimos la experiencia de Bartholin, de manera que un rayo que cae sobre el primero envía al segundo un rayo extraordinario, el segundo nicol extinguirá a ese rayo, pero si en el trayecto del rayo extraordinario entre los dos nicoles colocamos una lámina de cuarzo tallada perpendicularmente al eje principal de simetría, la luz reaparecerá y para extinguirla necesitaremos girar el segundo nicol un cierto ángulo que mide la rotación del plano de polarización.

El fenómeno tiene su explicación en la estructura del cuarzo que es un cristal combinación del prisma hexagonal con una doble pirámide de seis caras de modo que presenta dos elipsoides de elasticidad con sus grandes ejes inclinados el uno sobre el otro.

Cuando se talla una lámina de cuarzo perpendicularmente al gran eje del elipsoide principal todo rayo polarizado que caiga normalmente sobre esta cara sufrirá a causa del segundo elipsoide de elasticidad una doble descomposición y dará dos rayos normales que siguen el mismo camino normal a la superficie y dos extraordinarios desviados de esta dirección; la velocidad de propagación de los rayos extraor-

dinarios es diferente de manera que a la salida presentan una diferencia de fase.

Así si recombinamos dos a dos de cada rayo ordinario y de cada rayo extraordinario tendremos dos rayos polarizados circularmente pero con cierta separación.

La recombinación final de estos dos rayos dará un rayo polarizado rectilíneo pero en un plano diferente al del rayo que emerge del polarizador o sea que la lámina de cuarzo ha hecho girar al plano de polarización.

Una lámina de cuarzo de un milímetro de espesor hace girar el plano de polarización de un rayo rojo 17°30' y a un violado 44°5' según Biot.

Con la teoría de Fresnel la ley de las ondulaciones son gráficas y caen bajo el dominio de las ecuaciones generales de la mecánica.

La polarización rotatoria no solamente revela la estructura de la radiación sino también el de las sustancias capaces de desviar al plano de polarización. Al par que el cuarzo que ya sabemos porque hace desvíar al plano de polarización, hay sustancias que presentan el mismo fenómeno, entre estas sustancias tenemos: bromato de sodio, cromato de sodio, acetato de soda (sistema cúbico) cinabrio, hiposulfato de potasio, de plomo, de estroncio de calcio (sistema hexagonal o romboédrico) el sulfato de estricnina, de etilenodiamina (sistema cuadrilátero) etc.

Algunas sustancias en solución presentan el poder rotatorio: exceptuando el sulfato de estricnina todos los cristales enumerados pierden el poder rotatorio por fusión o disolución.

Si colocamos a una solución de sacaosa, lactosa, maltosa, dextrosa, almidón glicógeno, algunos derivados del alcohol amílico, ciertas variedades de ácido tartárico, málico, aspártico, etc., entre los dos nicoles del polarímetro observaremos una rotación del plano de polarización hacia la izquierda.

Si interponemos en cambio a una solución de levulosa, manita, goma arábiga, alcohol amílico, ciertas variedades de ácido tartárico, málico o aspártico, notaremos una desviación del plano de polarización hacia la derecha.

Biot, que fué quien descubrió esta propiedad, demostró que la desviación está en función de la concentración o sea de la densidad de la materia activa en el medio inerte o sea que depende del número de moléculas interpuestas.

Así que la desviación es proporcional a la concentración molecular.

El poder rotatorio cambia con la temperatura y a igualdad de densidad es el mismo para los vapores y los líquidos con lo que se establece una nueva analogía entre las moléculas gaseosas y las moléculas disueltas o líquidas. Por medios físicos no es posible aumentar el poder rotatorio de la materia sólida o líquida, pero es posible que los campos magnéticos ejerzan una acción molecular así como la polarización rotatoria magnética y el fenómeno de Zeeman.

Fenómeno de Zeeman. — Toda molécula de un cuerpo activo a la luz polarizada podrá hacer girar al plano de polarización ya sea porque se orienta según una dirección o porque en toda dirección presenta las propiedades del cuarzo. Toda molécula de un cuerpo inactivo a la luz polarizada es porque es isótropa o no tiene la orientación requerida.

Los físicos creen que se puede llegar por medio de una influencia electromagnética a orientar a las moléculas anisótropas aumentando así el poder rotatorio de los cuerpos transparentes o a establecer una disimetría de propiedades vectoriales de una molécula primitivamente isótropa. Faraday constató que todo cuerpo isótropo y transparente como el vidrio, colocado entre los dos polos de un electroimán potente o en el interior de un conductor en hélice recorrido por una corriente eléctrica desvía al plano de polarización y llamó al fenómeno polarización rotatoria magnética.

La observación de Faraday data del año 1845 y luego siguió estudiando en el afán de llegar a probar que el espectro de las llamas se modificaba por la acción de los campos magnéticos.

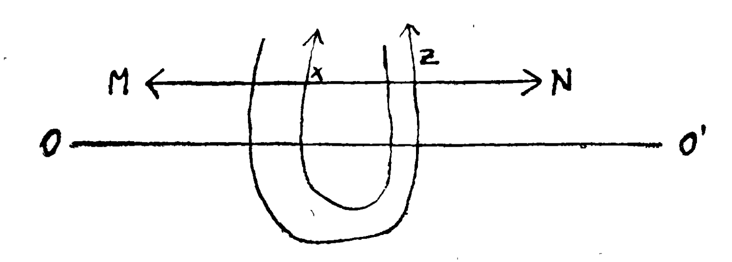
Faraday no tuvo éxito en sus experiencias, cosa que logró Zeeman en 1896. Si colocamos entre los dos polos de un electroimán poderoso y en una dirección perpendicular a las líneas de fuerza, al espectro de emisión del sodio producido

por una llama con cloruro de sodio, veremos que las dos rayas amarillas se ensanchan cuando pasa la corriente.

Repitiendo la misma operación pero con una luz blanca que atraviesa al vapor de sodio incandescente se producen bandas de absorción, espectro invertido, que se alargan cuando la llama sodada se coloque entre los dos polos del electroimán.

Zeeman para explicar este fenómeno se remonta al átomo material y a la estructura de la luz como lo concibieron Lorentz y Maxwell; supone que el movimiento de rotación de electrones en el átomo y alrededor de él, es el "núcleo" de las radiaciones etéreas que constituyen la radiación y considera a estos movimientos de rotación como resultante de tres movimientos particulares en planos determinados con relación al campo magnético.

Para mejor comprensión figurémosnos:



que un campo magnético esté dirigido según O O' y que llevemos a dos movimientos circulares X Z, a un plano perpendicular a O O' y un movimiento de oscilaciones rectilíneas M N paralelas al campo.

El campo no tendrá acción sobre los electrones que oscilan según M N o sea sobre la componente M N pero producirá un aumento o disminución de velocidad sobre los electrones que oscilan según M N o sea sobre la componente M N pero producirá un aumento o disminución de velocidad sobre los electrones que evolucionan en el plano perpendicular a O O' o sea sobre las componentes X y Z y resultará que la frecuencia oscilatoria de la vibración M N no sufre alteración y que la de las vibraciones X Z se aumenta o disminuye.

Habrá tres rayas espectrales en vez de una lo que ha sido confirmado por la experiencia. Además la teoría hace prever que la disociación de la raya única en tres debe tener como resultado la polarización de la raya central en un plano y la de las rayas laterales en otro plano, puesto que es la orientación de las vibraciones paralelas o perpendiculares a O O' las causantes del desdoblamiento. Así con un nicol se pueden extinguir las dos rayas externas o la raya central.

Zeeman ha estudiado, también, a la luz emitida paralelamente a las líneas de fuerza magnética y consigue el desdoblamiento de cada raya, cada componente está constituído por vibraciones polarizadas circularmente y en sentido contrario.

El distanciamiento de las tres rayas lleva a Zeeman a calcular la relación de la carga a la masa en el átomo vibrante y a demostrar que las radiaciones de las llamas son debidas, en la mayoría de los casos, a electrones de carga negativa.

Becquerel cree que los centros cargados positivamente tienen un rol importante en las radiaciones de las llamas.

Voigt establece que los vapores sometidos al campo magnético presentan una disimetría en sus propiedades vectoriales, así el vapor del sodio se comporta en el campo magnético como un cristal birrefringente para las longitudes de onda cercanas a las que emiten cuando el rayo las atraviesa en ángulo recto del campo magnético.

Presión de radiación. — Al suponer en la teoría de la emisión que las partículas materiales producían acciones lumínicas se llegó a suponer la existencia de una presión de radiaciones que deducida por el cálculo debiera ser igual al doble de la energía cinética de las partículas en movimiento por centímetro cúbico.

Euler observando que la cola de los cometas tiene siempre una posición contraria al sol con relación a su núcleo supuso que aún aceptando la teoría de las ondulaciones debe existir una presión de radiación.

Larmor, Maxwell, Bartholi y otros han demostrado la presencia de esta presión. Larmor considera una superficie caliente radiando calor y un espejo colocado lejos de ella que le devuelve el calor, y supone que el calor radiado constitu-

ye un haz cilíndrico paralelo de manera que la superficie emitente recibe de vuelta todo el calor emitido.

Ahora bien, admitiendo que el espejo se acerque con gran velocidad a la superficie radiante tendremos que restituirá a esta superficie, el calor emitido más rápidamente que lo que ella lo perdió y se calentará.

Ese aumento de grado térmico nace de un trabajo y ese trabajo no puede ser otro que el necesario para vencer la presión ejercida por la radiación contra el espejo móvil.

Según los cálculos de Larmor la presión de radiación en la fuente o sea en todo radiador perfecto es igual a la energía de radiación por centímetro cúbico y no al doble de esta energía como fluye de la teoría de la emisión. Barlow y Poynting prueban experimentalmente a la presión de radiación.

Así suspenden un block rectangular de vidrio por medio de un hilo de cuarzo perpendicular al plano de la figura, en una caja donde se ha practicado el vacío. Todo rayo luminoso que caiga sobre una de las caras se llega a reflejar totalmente después de atravesar el cristal y de haber ejercido presiones que llegan a producir la rotación del block.

Las radiaciones luminosas en las condiciones ordinarias no originan efectos de vibración èléctrica pero sí desarrollan acciones térmicas, particularmente en la región inferior del espectro, lo que indica que la energía de las ondas electromagnéticas se emplea por los átomos para aumentar su agitación y llegar al estado térmico.

Algunos cuerpos como el negro de humo hacen pantalla a todas las ondas electromagnéticas visibles infrarrojas o ultravioladas y las transforman en calor.

Todas las radiaciones provocan de un modo directo o indirecto la elevación térmica de la materia y esa elevación es proporcional a la fracción absorbida.

Se llama cuerpo idealmente negro a todo cuerpo capaz de absorber la totalidad de las radiaciones que llegan a él y transformarlas íntegramente en calor. Un cuerpo idealmente transparente no se calentaría en absoluto puesto que no absorbería ninguna radiación.

La materia presenta el fenómeno del radiocroismo análogo

al de resonancia, así hay cuerpos que son transparentes para una radiación y no lo son para otras.

Un caso particular de radiocroismo sería la variación de color por reflexión o por transparencia.

No toda la energía absorbida por la materia se emplea en transformaciones térmicas, una fracción se transforma en fenómenos químicos.

En fotografía las radiaciones producen una acción especial no comprendida aún porque la acción química de la luz no es apreciable hasta que se pone de manifiesto por una acción ulterior, la de los reveladores, gracias a la cual la molécula se comporta como si no fuera irradiada.

La luz tiene acción reductora sobre los óxidos, ácidos, sobre oxigenados, cloruros, bromuros e ioduros de los metales poco oxidables; el oxígeno o los radicales halogénicos puestos en libertad son más activos. El cloro y el H se combinan con explosión a la luz la oxidación de las sustancias orgánicas es más enérgica a la luz.

La luz produce oxidaciones y hasta disociaciones.

Las acciones térmicas y de orden químico producidas por la luz son endo - energéticas porque sólo se producen cuando la materia recibe energía extraña bajo la forma de ondas electromagnéticas.

No son esas solas las acciones de la luz, pues habrá que considerar las de luminiscencia y termoluminiscencia.

Como resumen podríamos decir que la agitación del electrón es la causa de la vibración luminosa cuando se mueven en determinadas condiciones.

Completando lo ya dicho sobre rayos X en el capítulo electricidad damos las nociones siguientes.

Rayos X

Actualmente se supone que la radiación catódica está constituída por partículas extremadamente pequeñas, cargadas negativamente y que se desplazan con una gran velocidad.

Villard ha demostrado que la velocidad de estos proyectiles es variable; una misma descarga de una fuente continua como las máquinas estáticas se compone de una serie de descargas con diferentes potenciales y cuanto mayor sea la diferencia de potencial entre los electrodos del tubo tanto mayor será la velocidad de las partículas catódicas.

Cuanto mayor sea el vacío en la ampolla productora la resistencia es mayor y por tanto será mayor la diferencia de potencial en los electrodos y la velocidad de los proyectiles catódicos será más grande y los rayos X producidos tendrán mayor penetración.

El haz de rayos X es complejo y cambia de composición media cuando se le filtra. A cada descarga catódica de proyectiles de velocidades variables corresponde un haz de rayos X complejos formado de haces simples monocromáticos de coeficientes varios de penetración.

Guilleminot ha estudiado las leyes de transmisión de los haces X complejos a través de láminas de alumnio llegando al resultado de que la curva de un haz complejo es reductible, aproximadamente, a la media entre las curvas exponenciales de una docena de haces simples monocromáticos, escogidos en cada región espectral según la densidad del espectro de cada una de esas regiones.

Absorción. — La absorción de los rayos X por la materia ha sido estudiada por Benoist que llega a la conclusión de que no hay ningún cuerpo absolutamente transparente como no hay ninguno completamente opaco.

Cuando la materia presenta cierto radiocroismo vis a vis de los rayos X, absorbe más a los rayos de los tubos blandos, los rayos de gran longitud de onda y menos los rayos de los tubos duros de corta longitud de onda.

Estos fenómenos tendrían su explicación en la ausencia de reflexión regular y en la pequeña longitud de onda de las radiaciones X que hace que la materia sea siempre rugosa para ellos.

La materia siempre presenta cierto grado de transparencia aún en las capas profundas.

Benoist ha experimentado la absorción de los rayos X por

la materia; para ello considera a una radiación determinada, la radiación producida por un tubo mantenido a un grado de vacío determinado y funcionando en condiciones invariables y estableció el equivalente de transparencia o sea la masa en decigramos de un cilindro recto del cuerpo que presente un centímetro cuadrado de base y de altura.

El estado físico del cuerpo sólido, líquido, gas, alotropías, no influye sobre el equivalente de transparencia y se puede decir que la opacidad de la unidad de masa no varía con el estado físico.

Como el número de moléculas cambia en los cambios de estado y como no sucede lo mismo con el número de átomos, que permanece constante, deduciremos, que para un mismo número de átomos de una especie dada la absorción será la misma cualquiera que sea el número de átomos por unidad de volumen o cualquiera que sea su agrupamiento.

El poder absorbente de un átomo es proporcional al poder absorbente de la masa de materia y cuando este poder permanece constante sea cual fuere el cambio de estado se llega a que el poder absorbente atómico es una constante específica que sigue al átomo en sus combinaciones químicas aun cuando el poder absorbente molecular es la suma de los poderes absorbentes atómicos.

Así: en el equivalente de Benoit la unidad de masa tiene un poder obsorbente proporcional a $\frac{1}{E}$ (E, es el equivalente); el átomo cuya masa absoluta es proporcional al peso atómico tendrá un poder absorbente $\frac{1}{E}$ Pat: el poder absorbente molecular de un compuesto de equivalente e será $\frac{1}{E}$ Pmol.

Al combinar dos cuerpos como el silicio por ejemplo con el oxígeno para formar SiO^2 si tomamos un átomo de sílice cuyo poder absorbente atómico $\frac{P.at}{E}$ $\frac{28}{15.7}$ y dos átomos de O cuyo poder absorbente atómico es $\frac{16}{44.5}$ la molécula de sílice tendrá un poder absorbente $= \frac{28}{15.7} + \frac{16}{44.5} + \frac{16}{44.5} =$ 2,483, lo que es fácil de verificar recordando que el peso molecular de la

sílice es $28+16+16=60$ y el equivalente de transparencia será: $\frac{60}{2483}=24$ decigramos.

Benoist ha comprobado que el poder absorbente atómico varía de una radiación a otra pero que en cada radiación se comporta siempre de la misma manera.

El equivalente de Benoist disminuye cuando el peso atómico aumenta.

Accion química. — La energía radiante de los rayos X absorbida por la materia produce efectos comparables a los de las radiaciones del ultra-violado y se transforma en calor, huminiscencia y en acciones químicas de disociación molecular.

En general los cuerpos influenciados por las radiaciones del ultra-violado son los más sensibles a las acciones de los rayos X.

Los rayos X impresionan a la placa fotográfica, descomponen el CHI^3 en solución clorofórmica, vira al platino-cianuro de bario del amarillo verdoso al moreno, efecto de Villard, vira a las sales de Goldstein.

La mayoría de los cuerpos sometidos a los rayos X emiten cargas negativas o sean corpúsculos catódicos.

Curie y Sagnac comprobaron la electrización negativa de los rayos secundarios tomados en conjunto y Doru probó la desviación por un campo magnético de los rayos secundarios emitidos por los metales pesados.

Las radiaciones secundarias se componen de: rayos X difusos; rayos desviables análogos a los rayos catódicos y de rayos no desviables, análogos a los rayos X, a los rayos del radio y ligados a la emisión catódica.

El ultra-violado y las radiaciones del radio provocan, también, la emisión de electrones cuando se somete a la materia a su acción pero esto más bien parece una emisión espontánea en condiciones dadas.

Radioactividad

El radio ha sido aislado al estado puro por madame Curie.

Cada radiación está compuesta de tres haces; uno desviable por un campo magnético a la manera de las masas cargadas de electricidad negativa, que es la radiación β compuesta de cargas negativas como los rayos catódicos; otro, el haz de Rutherford o radiación A compuesta de iones de carga positiva como los rayos canales y que desvían a la inversa de las anteriores; y un haz no desviable de Villard, rayos Y, análogos a los rayos X.

Las tres radiaciones han sido estudiadas separadamente asignándoles propiedades comunes que las acercan a los rayos X y ultra - violados.

Las tres radiaciones provocan reaciones químicas, impresionan a la placa fotográfica, los rayos β y γ con mayor acción que los A provocan fluorescencia obrando más unos que otros en determinadas sustancias, ionizan a los gases. Actúan sobre tejidos vivientes, los rayos A se absorben muy rápidamente pero tienen muy poca importancia en estas acciones al contrario de los rayos β y λ y de los rayos X que a pesar de su naturaleza distinta provocan las mismas reacciones, en los tejidos vivos cuando absorben iguales cantidades de energía radiante, cantidades que se dosifican por su poder fotográfico o fluorosópico; al mismo tiempo hay desprendimiento de calor.

Según Curie y Laborde un gramo de radio emite en una hora 100 calorías aproximadamente.

Así que los cuerpos radioactivos sin sustraer energía del ambiente emiten indefinidamente radiaciones y calor, siendo por lo tanto capaces de producir un trabajo sin pérdida material.

Al par que en el almizcle, la balanza para el radio no acusa pérdida ninguna a pesar de la continua producción de energía.

Por medio del dispositivo Strutt se puede constatar las cargas eléctricas de los rayos A y β y la velocidad de las

partículas se ha llegado a determinar encontrándose la relación de su carga a su masa $\frac{q}{m}$ Rutherford en 1903 asigna a las partículas A una velocidad que varía según los cuerpos entre 10.000 y 20.000 kilómetros por segundo.

En los rayos A la relación $\frac{q}{m}$ es aproximadamente de 5.100 U E M de manera que relacionando a la electrolisis como H átomo gramo de H transporta una carga de 96.537 coulombios o sea 9.650 U E M absolutas aproximadamente o lo que es igual a la relación de carga a masa de 9.650 resultará que a masas iguales el átomo electrolítico de H y la partícula A lleva cargas diferentes la del H es doble de la del A.

Para comparar al átomo electrolítico de H con la partícula A del radio es necesario probar que estas partículas tienen una masa m llevando una carga Q cosa que han practicado Rutherford y Geiger.

Para esto determinan el número de partículas A emitidas en un ángulo sólido dado por una sustancia radioactiva por medio de desviaciones bruscas de la aguja de un electrómetro sensible cada vez que recibe la proyección de una partícula A entre los discos de su condensador.

Rutherford ha llegado así a contar 405 impulsos por minuto; suponiendo que las partículas estén uniformemente repartidas en todas direcciones, se encuentra que un gramo de radio puro emite 34 billones de partículas A por segundo, lo que corresponderá a una carga global de un billonésimo de unidad electromagnética aproximadamente; la carga obsoluta de cada partícula será la 34 billonésima parte de un billonésimo de E U M o aproximadamente 3×10^{-20} U E M absolutas.

Relacionando lo expuesto con la constante de Avogadro sacada de la teoría cinética de los gases tendremos que 70×10^{22} átomos de H pesan un gramo y llevan en la electrolisis 9650 U E M con una carga absoluta para cada átomo de 1.4×10^{-20} U E M cifra que ha sido llevada por varios físicos a 15×10^{-20} y de donde se deduce que la partíc ; tiene una carga doble que la del átomo electrolítico de H.

Ahora, bien, si a igualdad de carga la masa de materia A

es el doble de la masa del H electrolítico, para una carga doble la masa de materia A será cuádruple.

Así que la partícula A tiene una masa cuádruple que la del átomo de H y pesa el peso atómico del átomo del Helio que es 4 lo que hace suponer, ya que en todas las sustancias radioactivas se encuentra el Helio, que la partícula A es el Helio a transformarse en él.

La velocidad de las partículas B es variable y todo campo magnético las desvía.

La medida de esta desviación ha permitido determinar la relación $\frac{q}{m}$ y su velocidad. Besquerel probó que los rayos menos desviados son los que menos penetran y que en conjunto tienen una velocidad media de 160.000 kilómetros por segundo con una relación $\frac{q}{m}$ de 10 millones; relación que es igual a la de las partículas catódicas, pero cuya velocidad es la mitad mayor que la de la luz, ya que la velocidad media del haz catódico es sólo un décimo.

Kaufinan y Ewers trabajando con esta radiación, llegaron a comprobar; el primero que la relación $\frac{q}{m}$ disminuye con la velocidad de las partículas cuando debía suceder lo contrario y el segundo que algunas sustancias como el polonio emiten partículas de carga negativa que llama rayos D y cuya velocidad media es de 3.250 kilómetros por segundo y su relación $\frac{q}{m}$ de 14:800.000 que son cifras concordantes con las de las partículas B más lentas.

Así que la radiación B y la radiación catódica son iguales en cargas, en masas y cuando su velocidad se acerca a la luz su relación $\frac{q}{m}$ disminuye.

La masa de las partículas B varía con la velocidad lo que puede ser demostrado por el cálculo que también revelaría la existencia de una masa material juxtapuesta a la masa magnética, cosa discutible que dió lugar a las varias experiencias de Abraham.

El problema que se propuso resolver Abraham era llegar a ver si el corpúsculo B era un corpúsculo de electricidad

desprovisto de soporte material o si posee una masa magnética juxtapuesta a una masa material, para ello tuvo que establecer la existencia de una inercia longitudinal y una inercia transversal.

Para comprender este concepto de inercia podemos suponer a un electrón que se desplaza según una dirección rectilínea, lo que implicaría una perturbación en su movimiento paralelo a su dirección o sea una perturbación transversal; así que la perturbación o aceleración paralela sería la inercia longitudinal y la oposición al desplazamiento transversal sería la inercia transversal, y de aquí surge un nuevo concepto; el de masa transversal y masa longitudinal.

Por el cálculo se establece que en las velocidades pequeñas las dos masas tienden a un límite común y que en las velocidades más grandes sus fórmulas difieren a la relación de masa electromagnética longitudinal o transversal.

Kaufinan constató los trabajos de Abraham llegándose en resumen a que los corpúsculos B parecen ser cargas eléctricas sin soporte material cuya masa sería de origen electromagnético y que variaría con la velocidad. Respecto a la morfología de los corpúsculos B se les da en suponer esféricas sin que se llegue a establecer nada en concreto.

La radiación Y es una relación análoga a las radiaciones luminosas como se entrevé por su analogía con los rayos X y se llega a admitir que cuando se produce una salida brusca o una detención brusca de electrones se producirá una pulsación transmitida en forma de onda esférica por el éter lo que explicará la formación de rayos secundarios específicos de ciertos cuerpos irradiados.

Los rayos Y constituyen la parte más pequeña de la radiación de los cuerpos radioactivos y respecto a su energía se deben considerar primero a los A luego a los B y finalmente a los Y.

Absorción de los rayos A. — Los rayos A son muy absorbibles.

Una hoja de papel o de aluminio o una capa de aire de algunos centímetros los detienen.

Bragg y Kleemann han construído la curva de absorción

de los rayos A en el aire llegando a establecer que si la capa radioactiva es muy delgada hay un espacio de aire de dos centímetros próximamente en el cual la ionización producida es casi constante y luego en un espacio muy corto la ionización disminuye rápidamente y desaparece.

Sacan, estos físicos, en consecuencia, que la velocidad inicial de todas las partículas A es la misma para una misma sustancia radioactiva y que varía de una sustancia a otra. Así para caracterizar una sustancia bastaría conocer la longitud del recorrido de sus partículas en el aire.

En las proximidades de la distancia donde se va a producir la gran caída de intensidad de los rayos A se produce una recrudescencia del poder ionizante lo que explican Bragg y Kleemann diciendo que el poder ionizante de las partículas A aumenta cuando su velocidad disminuye y en las proximidades de su velocidad crítica donde cesa su poder ionizante hay un máximo de acción.

Cuando los rayos A chocan contra los gases, una parte de su energía se emplea en la ionisación y cuando penetran en los sólidos o en líquidos independientemente de los efectos térmicos que originan en algunos casos producen acciones químicas débiles.

También pueden originar fracturas del átomo material y nacen entonces alrededor de los cuerpos irradiados una emisión de partículas electriradas negativas que son rayos B poco rápidos como para ionizar el aire o impresionar a la placa fotográfica. Moulin ha estudiado la desviación de estos rayos por la acción de un campo magnético y la relación de su carga a su masa propia a su partícula sería de 11 millones aproximadamente o sea del orden de la magnitud de los rayos B. Los rayos A. provocan la luminiscencia.

Absorción de los rayos B. — Ya dijimos que los rayos B son menos absorbibles y que la relación de su coeficiente de absorción y la densidad daría el poder absorbente específico o sea el poder absorbente de la unidad de masa de materia y si multiplicamos el poder absorvente específico por el peso atómico de un elemento obtendremos el poder absorbente del átomo. El poder absorbente específico de la materia varía cuando se pasa de uno a otro átomo.

Un átomo dado bajo cualquier estado físico o alotrópico cuando recibe una radiación dada absorbe siempre la misma fracción de radiación cualquiera que sea el agrupamiento molecular químico del cual forma parte. Un átomo ligero al pasar a un átomo pesado se hace más absorbente sin seguir la ley de la proporcionalidad por lo cual se concibe que la unidad de masa de la materia que lo compone ha de tener un poder absorbente que no es el mismo en la serie de los átomos o sea, tomando al electrón por unidad de materia, que el poder absorbente medio del electrón crece con la masa del átomo de la cual forma parte.

La ley del aumento del poder absorbente no es una simple ley; para los rayos X ya lo hemos visto es una función continua del peso atómico y parece que para los rayos B existe una discontinuidad al pasar de una serie de Mendeleieff a la otra.

Los rayos B al chocar entre la materia producen efectos caloríficos y en ciertos casos efectos químicos.

Sobre la materia viva su efecto es análogo al de los rayos X: impresionan la placa fotográfica, despiertan la fluorescencia.

Urbain supone que la fluorescencia sea el resultado de la vibración comunicada a las partículas fosforógenas

Los rayos B producen la ionización de los gases.

Los rayos B dan origen a radiaciones secundarias cuando chocan sobre un cuerpo, éste emite rayos B y esa emisión es tanto mayor cuanto mayor sea el peso atómico del cuerpo.

Absorción de los rayos Y. — Los rayos Y se comportan como los rayos X: las transformaciones de su energía radiante es la misma; el radiamiento secundario que determinan está formado por rayos B de gran velocidad, por rayos Y muy heterogéneos; ionizan a los gases; despiertan la fosforescencia y tienen acción química.

EMANACIÓN RADIOACTIVA

Todo cuerpo radio - activo en un recinto cerrado emana radiaciones que se desprenden cual los gases o vapores. Ruther-

ford, afirma, que un gramo de radio da por segundo $1,28 \times 10^{-6}$ milímetros cúbicos de emanación a la temperatura y presión ambiente.

Las emanaciones radio - activas se comportan como los gases condensándose por acción del frío.

El estudio del coeficiente de difusión del radio en otro gas permite apreciar su peso atómico porque según la ley de Graham, la velocidad de difusión es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del peso molecular. Las emanaciones radioactivas por sus caracteres químicos pueden clasificarse entre los gases raros monoatómicos e inertes de manera que su peso atómico y molecular son iguales.

Perkuis, partiendo de la consideración anterior encontró que el peso atómico de la emanación del radio es cercano al del radio.

El radio tiene un espectro definido como toda especie química.

La emanación radífera se extingue a medida que se produce, por eso es que no se puede recoger más de 0m|m36 de emanación de un gramo de radio.

Examinada la emanación en el espectroscópio, en un tubo de Plucker se ven las rayas características que pronto se van extinguiendo.

De los cuerpos radioactivos: uranio, radio, torio, actinio, se puede quitar las impurezas que les acompañan por procedimientos químicos; esas impurezas están constituídas por productos no radioactivos pero capaces de dar más tarde la radioactividad.

Cualquiera que sea el cuerpo considerado presenta radiaciones que revelan la juxtaposición de varias sustancias, así las que emiten rayos A se diferencian las unas de las otras por la longitud del recorrido máximo de sus partículas.

La vida de estas sustancias, derivadas las unas de las otras es muy corta, desde su formación empiezan a destruirse.

Esa destrucción tiene lugar según una ley exponencial en función del tiempo.

Para pasar de una sustancia a la siguiente se establece un equilibrio caracterizado por la presencia simultánea de una

serie de productos derivados los unos de los otros que se renuevan sin cesar.

Esta emanación es una de las muchas que pueden estudiarse en la serie de transformaciones entre las cuales se destaca el radio que se desdobla en dos sustancias nuevas estudiadas por Ramsay y Sody al espectroscopio y con el tubo de Puckler.

Al saltar la chispa en ese tubo de vacío aparece el espectro de la emanación propia que como ya dijimos desaparece con el tiempo, al cabo de algunos días se percibe una nueva raya, la raya D3 característica del helio gas que existe donde exista materia radioactiva, al mismo tiempo se produce contra las paredes del tubo un depósito radioactivo que no ofrece las características de la emanación observada.

Es decir, que la emanación ha desaparecido dando nacimiento a una nueva sustancia radioactiva sólida.

Concretándonos a las reseñas de las radiaciones del radio veremos la mutación de su átomo cual sucede en otras sustancias radioactivas.

El radio presenta según Curie un peso atómico de 226.5 emite sólo rayos A y su vida es tan larga que en 1300 años no pierde más que la mitad de su actividad; cuando el átomo de radio pierde una partícula A se transforma en un átomo de emanación y esa partícula es un átomo de helio.

La emanación que es de vida corta emite rayos A; todo átomo de emanación que ha perdido una partícula A se transforma en un átomo nuevo, que se llama radio A; el átomo de emanación al desaparecer origina un átomo de helio y un átomo de radio A.

El radio A tiene corta vida: en tres minutos pierde la mitad de su actividad; emite solamente rayos A o sea átomos de helio. El átomo de radio A al perder su partícula A se transforma en un átomo de radio B. El radio B tiene una vida un poco más larga, en 21 minutos pierde la mitad de su actividad dejando de ser radioactivo; así su átomo ha sufrido una transformación que lo lleva a un átomo nuevo con las tres radiaciones ya conocidas A, B γ Este nuevo átomo es el radio C que es de poca vida porque al cabo de

21 minutos ha perdido la mitad de su actividad, su átomo se desprende de una partícula A de helio y queda transformado en radio D.

Desde el radio D empieza la serie de cuerpos estables, el radio D sufre la semi-desintegración al calor de 40 años y no es radioactivo; el radio E se semi destintegra a los 6 días y emana rayos B y problablemente y el radio E no se semi-desintegra hasta 143 días, emite rayos A y es el polonio descubierto por madame Curie.

Rutherford y Soddy explican el mecanismo de estas transformaciones; como hemos visto, el átomo de radio pierde un corpúsculo A para transformarse en un átomo de emanación el cual pierde un nuevo corpúsculo A para transformarse en un átomo de radio A y así sucesivamente.

Un mecanismo atómico determinado rige a estas mutaciones. Cuando un cuerpo emite una partícula A, esos átomos sufren una desagregación en dos partes: el corpúsculo A desprendido es un átomo de helio y el núcleo restante constituye un nuevo átomo.

La dosificación del helio confirma esa hipótesis de Rutherford y Sorry.

La mutación del átomo se concibe por tres mecanismos distintos: 1.° expulsión de una partícula A debiendo quedar el átomo restante con un peso atómico de 4 unidades inferior al átomo precedente puesto que el peso atómico del helio es de 4; 2.° por expulsión de corpúsculos B como acontece con el radio E que se transforma en polonio en cuyo caso el peso atómico del átomo nuevo es igual al del átomo precedente; y 3.° sin expulsión de corpúsculos como en el caso del radio D cuando se transforma en radio E por desequilibrio electrónico en el interior del átomo.

Este desequilibrio hace pensar en la teoría de Thomson sobre el equilibrio de electrones evolucionando alrededor del centro atómico.

El equilibrio subsistiría sólo en determinadas condiciones, habría una velocidad crítica debajo de la cual se producirían cambios que originarían la pérdida del corpúsculo para volver a un nuevo equilibrio.

Teniendo en cuenta la vida efímera del radio en relación a la del mundo se plantea el problema de su origen o de su formación.

El cuerpo generador del radio hay que pensar que debe estar entre los cuerpos de peso atómico superior de las rocas radíferas y posiblemente tiene que ser el uranio porque se encuentra al radio en todas las rocas que contienen uranio y en una relación constante para cada mineral de localidades distintas.

Rutherford siempre que ha encontrado un gramo de uranio en las rocas naturales había 0 mg. 00038 de radio o sean 38 centécimos de microgramo.

Soddy y Maekenzie llegaron a la prueba experimental de esta transformación; conservaron durante varios años una masa de 1.500 gramos de nitrato de uranio desprovistas de trazas de radio, al principio; al cabo de un año constataron que la producción era de unas trescientas milésimas de micromiligramo 0mg. $000.000.0^3$.

Conocida la relación de los pesos de radio y de uranio en los minerales, en equilibrio radio - activo y la duración de la vida del radio se llega a admitir que el uranio sufre su semidesintegración al calor de 5.000.000.000 de años.

Admitiendo la teoría de Rutherford y Soddy y teniendo en cuenta que el peso atómico del uranio es de 2.385 y que el del radio es 226,5 se calcula que el átomo de uranio expulsa tres corpúsculos A antes de llegar al estado de radio.

Por procedimientos químicos se ha llegado a separar del uranio una sustancia radio - activa que emite rayos B y Y mientras que el uranio restante emite rayos A. A esta sustancia se le llama uranio X.

Si el radio deriva del uranio por sólo, el intermedio del uranio X el equilibrio de las derivadas implicaría la presencia de una cantidad mayor de radio en el gramo de uranio.

El uranio X tiene vida corta, se desactiva a la mitad en 22 días, es necesario admitir entre el uranio y el radio un cuerpo de vida más larga. Danne estableció que entre el uranio y el uranio X debía existir un cuerpo que no era radioactivo, el radio uranio.

Boltwood separó una sustancia, el ionium, que parece derivar directamente del radio.

El ionium emite rayos A y tal vez rayos B; la radiación A del ionium presenta la característica de su corto recorrido medio que sería de 2,8 centímetros.

Se prevé que entre el uranio y el radio han de existir aún dos cuerpos de peso atómico, 234,5 y 230,5 respectivamente y con los cuales se completaría la cadena radio - activa desde el átomo de uranio en vía de desagregación hasta el radio F o polonio.

La ley de los pesos atómicos nos lleva a determinar qué es lo que ocurre cuando el átomo de polonio pierde un átomo de helio.

Asignando al polonio un peso atómico de 210,5 tendremos que dirigirnos a los átomos estables de peso, cercano a 206,5 y nos encontramos con el plomo de peso 206,9. El plomo se encuentra en la mayoría de las rocas uránicas en una relación que varía entre 0,05 a 0,22.

Así que desde el uranio de peso atómico 238,5 al plomo de peso atómico 206,5 podría establecerse un encadenamiento de mutaciones atómicas y si se tratara del torio llegaríamos a terminar en el átomo estable del bismuto.

Ramsay y Camerón en vista de las mutaciones de los átomos radioactivos pensaron en la probable desintegración de la materia y creyeron que era factible en una solución de cobre sometida a las emanaciones del radio, desintegrar a la molécula de Cu, trasmutándola en Na, Li, K, pero Curie y Gleditsch en sus experiencias llegaron a conclusiones negativas. La única conclusión que se puede sacar del estudio de los cuerpos radioactivos teniendo en cuenta los pesos atómicos del bismuto, 208, del plomo 206,9 del uranio 238,6 del torio 232,5 y del radio 226,5 y la inestabilidad de los radioactivos es que debe existir una disociación de la materia distinta de la disociación química molecular y una trasmutación de elementos.

Esa desintegración molecular tendría en resumen las características que ya hemos enunciado, a saber: radiación espontánea; emisión de partículas A de partículas B con o sin

produción de rayos Y; presencia de helio; aparición de rayos espectrales nuevos en los derivados de los cuerpos primitivos y algunas modificaciones en sus propiedades químicas.

De todas estas manifestaciones es la radioactividad la que nos puede probar si la materia ordinaria se desagrega.

Para muchos físicos en los metales existirían electrones libres, así en su superficie de separación con la atmósfera habría una doble capa de electrones positivos y electrones negativos que cada vez que se desequilibran producirían el desprendimiento de partículas catódicas, con lo que quedarían explicadas las modificaciones de superficie en las acciones termoeléctricas y en los fenómenos electro - capilares.

La hipótesis anterior pierde valor si pensamos en que la velocidad de desplazamiento de los electrones es muy cercana a la de la luz y que esa manifestación de la energía ha de ser inter - atómica y por ello la emisión de rayos B corresponde casi siempre a mutaciones mayores que a los cambios físicos o químicos, así como las mutaciones atómicas se pueden producir sin emisión de radiaciones.

Los metales en condiciones determinadas impresionan a la placa fotográfica como lo probó Moser con los rayos que llevan su nombre, radiaciones pesadas de los metales pesados como el plomo que impresionan una placa fotográfica colocada debajo, aun cuando se trate de cuerpos opacos a la luz ordinaria.

Esta emisión está ligada a los fenómenos químicos superficiales como oxidaciones y reducciones.

Los rayos de Moser han sido poco estudiados, menos que las radiaciones del mismo orden de los metales alcalinos, potasio, rubidio.

El hecho de que todo cuerpo electrizado aislado en una vasija cerrada pierde su carga eléctrica indujo a Geitel y Wilson a pensar que el fenómeno era debido a la existencia de iones gaseosos procedentes de radiaciones de las paredes sobre el aire interior.

Coocke constató en el aire atmosférico la existencia de radiaciones análogas a las radiaciones Y de los cuerpos radioactivos.

Este hecho unido a la ionización anterior indujo a creer que la materia en general emite rayos λ pero la suposición quedó desvanecida porque al cambiar las paredes de la vasija la ionización cobraba mayor o menor intensidad que resultaba mayor en el plomo que en los demás metales.

Campbell y Wood constataron una radioactividad intensa en las sales de algunos metales alcalinos, potasio, rubidio.

De ahí se presentan dos problemas o sea, si la materia debe su radioactividad a una propiedad atómica o si lo es por las partículas de uranio, torio, actinio, etc.

Las muestras de plomo de procedencia distinta contienen trazas de radio D y de radio F.

Satterly ha constatado que las impurezas radioactivas están en proporción más débil para justificar a la radiación constatada.

Al pasar de una sal de una procedencia a otra de diferente procedencia la actividad varía mucho.

Las sales, cloruro, ioduro, bromuro, clorato, nitrato y sulfato, presentan un poder ionizante constante para las mismas cantidades de potasio.

La radiación del K está formada por rayos B desviables por los campos eléctricos o magnéticos; Campbell y Wood la consideran como una radiación muy heterogénea, a la inversa de Henriot que la cree no homogénea. El rubidio tiene propiedades análogas a las de K.

Los demás metales alcalinos son casi inactivos y es curioso que dos cuerpos de peso atómico poco elevado emitan rayos B como lo son K—39.10 Rb—85.5.

Podría llegarse a sospechar un fenómeno de destintegración pero para afirmarlo sería necesario encontrar átomos en formación como el kriptón para el rubidio y el argón para el potasio, según las tablas de Mendeleieff o bien el helio testigo de la emisión de partículas A.

En los minerales de Strassfurt se ha observado la presencia de cantidades de helio mayores que la que justificaría la corta proporción de impurezas radioactivas. (Stutt).

Lennan y Burton, alrededor de ciertos metales desprovistos de impurezas radioactivas han constatado emanaciones.

Para Campbell la emisión de partículas A es una propiedad general de la materia.

Le Bon considera que la desintegración de la materia es real y se produce, bajo la influencia de fenómenos térmicos, químicos o de las radiaciones luminosas, ultravioletas, etc., o espontáneamente.

Richardson cree que los iones positivos emitidos por los metales alcalinos calentados al igual que los iones pesados de los metales pesados tienen una $\frac{e}{m}$ **proporcional** al peso atómico del metal lo que indicaría que son átomos de metal análogos a los iones de la electrolisis y no átomos de helio o de otro cuerpo radio - activo.

Hertz observó que la producción de las pequeñas chispas eléctricas se facilita cuando entre los dos conductores se hace caer un haz de luz ultra violeta. Wiedemann y Ebert observaron que esta acción corresponde al electrodo negativo: Hollwachs y Righi llegaron a la observación de que los conductores cargados negativamente pierden su carga cuando reciben a los rayos ultravioletas y que los conductores neutros se cargan positivamente por el solo hecho de la irradiación y a este último efecto le dieron el nombre de "efecto foto - eléctrico" o "efecto de Hertz".

Entre los metales el zinc y el aluminio son marcadamente foto - eléctricos, en cambio el hierro es mucho menos; en general, los metales más electropositivos son los más fotoeléctricos. (Elster y Geitel).

El pulido de las superficies irradiadas, la naturaleza del gas ambiente, su presión, su temperatura, la longitud de onda de la radiación empleada y la duración de la experiencia, tienen influencia en la experiencia.

La naturaleza del efecto de Hertz tiene analogías con otras emisiones como la producción por causas químicas o por los metales calentados y para explicar este fenómeno hemos de tener presente algunos hechos constatados.

La radiación ultravioleta descarga a los conductores electrizados sustrayéndoles electricidad negativa y siendo el catodo la base de este fenómeno, o efecto de Hertz.

Un conductor cargado negativamente se descarga en el

vacío, un conductor cargado positivamente no se descarga y un conductor neutro adquiere una carga positiva.

Lenard ha demostrado que este fenómeno se debe a una emisión catódica. Si en vez del vacío llevamos al conductor a un medio gaseoso más o menos denso, si el gas está bastante rarificado los proyectiles catódicos encontrándose con las moléculas gaseosas producen, por choques, la ionización; con sus iones gaseosos positivos y negativos; si el gas es denso el proyectil catódico será simplemente, según Bloch, un ion gaseoso negativo que comunica al medio gaseoso su conductibilidad unipolar.

Así que la ionización del medio gaseoso debe ser mirada como una consecuencia del efecto de Hertz o sea de la emisión catódica.

Para Henry y Bloch no existiría la ionización directa del aire por la radiación ultravioleta sino que se ha confundido con el efecto foto - eléctrico sobre las partículas de polvo en suspensión.

Stark considera a la emisión catódica como electrones libres de los metales: Drude considera que la velocidad de las partículas depende de la temperatura absoluta y Ladenburg atribuye influencia a la longitud de onda de la radiación empleada.

Así habría que tener presente las alteraciones de las capas superficiales en la producción del fenómeno, que llegaría a cierta analogía con la fatiga de los metales.

Al costado de estos hechos hay físicos que no creen que el efecto de Hertz sea debido a liberación de electrones libres sino a la expulsión de electrones interatómicos.

Le Bon considera que toda emisión catódica producida por causas térmicas o químicas es un signo de disentegración atómica.

Se hace intervenir a la energía interatómica en una serie de fenómenos: acciones catalípicas o catálicas, formación de sustancias orgánicas y de proteinas, mutación de forma alotrópica de un mismo elemento, plata batida, cristalizada, precipitada, y hasta acciones químicas como la producción de H partiendo de Fe. $SO^{4}H^{2}$ hidratación del sulfato de quinina, etc.

El problema del azúcar

Estudio de las medidas conducentes al fomento de la industria azucarera

POR EL

Profesor DOMINGO GIRIBALDO
Director del Instituto de Química de la Facultad de Medicina

Montevideo, 27 de Mayo de 1926.

Excelentísimo Señor Ministro de Industrias, don César Mayo Gutiérrez.

Tengo el honor de elevar al Señor Ministro el estudio que hice en mi calidad de miembro de la Comisión honoraria designada por Decreto del Poder Ejecutivo de fecha 20 de Febrero de 1925, para estudiar el asunto que se planteó con motivo de la gestión de la Refinería Oriental.

Como esta cuestión estaba íntimamente relacionada con el problema del azúcar en general, creí conveniente hacer un estudio a fondo de dicho problema, a fin de dar una contestación mejor fundada a la reclamación de la Refinería Oriental.

Con este motivo me es grato saludar al Señor Ministro muy atentamente.

Domingo Giribaldo.

Estudio de las medidas conducentes al fomento de la industria azucarera

SUMARIO: —I. Introducción. —II. El azúcar que se importa. —III. La Ley de 10 de Abril de 1906. —IV. El azúcar nacional producido. —V. Utilidades de la fábrica de azúcar de La Sierra. —VI. La refinación del azúcar importado. —VII. Interpretación del artículo 5.° de la Ley de 10 de Abril 1906. —VIII. Consecuencias que habrían resultado si se hubiese aplicado estrictamente el artículo 5.°. —IX. La imposibilidad de aplicar estrictamente el artículo 5.° ¿es una prueba de que al nombrar «azúcares brutos» se ha querido designar «azúcares puros»? - X. La ventaja de la merma del seis por ciento es de muy escaso valor, aún cuando se la beneficie con los azúcares de alta pureza. —XI. Clasificación de los azúcares en «refinados» y «no refinados» a los efectos de los derechos de importación. —XII. En qué consistía el negocio remunerativo de la Refinería Oriental. —XIII. Lo que ha perdido el Fisco a causa de una deficiencia administrativa. — XIV. Cambio que se produjo después del año 1924. —XV. Decreto de 5 de Noviembre de 1923 sobre clasificación de los azúcares a los efectos de los derechos de importación. — XVI. Escrito de la Liga de Defensa Comercial. —XVII. Beneficios que reportó a la Refinería Oriental la vigencia del Decreto de 5 de Noviembre de 1923. —XVIII. Decreto de 5 de Mayo de 1924. —XIX. Escrito de la Refinería Oriental. —XX. Cómo deberían establecerse los derechos de importación de los azúcares brutos destinados a la refinación. —XXI. Tarifas aduaneras de los principales paises. — XXII. El problema de la refinación del azúcar importado. —XXIII. Cómo deberían clasificarse los azúcares a los efectos de los derechos de importación. — XXIV. El caso especial de la Refinería Oriental. —XXV. La causa del fracaso de la ley de 10 de Abril de 1906. —XXVI. Bases para la nueva ley de fomento a la industria azucarera. —XXVII. Proyecto de ley de fomento de la industria azucarera. —*Anexos:* —I. Ley de 10 de Abril de 1906. —II. III. IV. Decretos concediendo a la Fábrica de La Sierra las primas establecidas por la ley de 10 de Abril de 1906. —V. Azúcar nacional producido por la Fábrica de La Sierra. — VI. Azúcar importado. —VII. Decreto de 5 de Noviembre de 1923. —VIII. Escrito de la Liga de Defensa Comercial. —IX. Decreto de 5 de Mayo de 1924. —X. Escrito de la Refinería Oriental. —XI. Estadística referente al artículo importado en 1924. —XII. Estadística referente al azúcar importado en 1925. —XIII. Régimen aduanero de los azúcares en Francia. —XIV. Régimen de Aduana de algunos países. —XV. Régimen aduanero de los azúcares en Norte América. —XVI. Ley Mac. Kinley, norteamericana, de protección a la industria azucarera. —XVII. Ley chilena de protección a la industria azucarera.

I

No es posible que se vuelvan a tomar hoy nuevas iniciativas para fomentar la industria del azúcar, sin tener en cuenta las enseñanzas que resultan del ensayo ya realizado. Ha costado demasiado caro al país este ensayo, no tanto por el dinero invertido en él, cómo, lo que vale mucho más, por

el tiempo perdido, para que se dejen sin aprovechar sus enseñanzas.

Sería imperdonable que, por comenzar de nuevo la experiencia sin base seria alguna, se repitiesen los errores ya cometidos.

Un estudio detenido de las razones por las cuales la Ley de 10 de Abril de 1906 no dió en la práctica los resultados que de ella se esperaban, permitirá poner en evidencia los principales factores que condicionan la industria del azúcar en nuestro país. Una vez estudiada la importancia de la función que cada uno de los factores descubiertos desempeña, será fácil hallar la solución definitiva, amplia y previsora, que se busca.

Hay que descartar desde luego la idea de que esta solución pueda ser simple. Un problema de suyo tan complejo no puede resolverse con una fórmula sencilla.

El estudio del asunto que nos ocupa nos lleva naturalmente a plantearnos las dos cuestiones principales siguientes:

1°. ¿Por qué no se fabrica aún azúcar a pesar de los sacrificios que, bajo la forma de primas, impuso al país la Ley de 10 de Abril de 1906, cuyo objeto era principalmente el de fomentar la producción de azúcar nacional?

2.° ¿Qué es necesario hacer, dado el indiscutible fracaso de la ley precitada, para arraigar hondamente en el país la industria azucarera?

II

EL AZÚCAR QUE SE IMPORTA

La población de nuestro país consume actualmente unos cuarenta millones de kilos de azúcar por año, cantidad que se importa íntegramente del extranjero.

Con motivo de la entrada de esa cantidad de azúcar al país, el Estado percibe, por concepto de derechos de aduana, unos *dos millones* de pesos anuales, pero al mismo tiempo emigran del país, en el mismo lapso de tiempo, por concepto de pago de la mercadería adquirida, unos *cuatro millones* de pesos.

Si nosotros fabricásemos todo el azúcar que consumimos, la renta de aduana desminuiría en unos dos millones de pesos anuales, pero en cambio el país se enriquecería en cuatro millones de pesos anuales.

La aduana dejaría de percibir dos millones de pesos, pero el Estado no perdería toda esa suma, porque el aumento de la capacidad industrial que significaría la siembra y la elaboración de los cuatrocientos millones de kilos de la remolacha que se necesitarían para la obtención de dicha cantidad de azúcar, traería como consecuencia un aumento de la renta pública, que compensaría en parte, indirectamente, la merma de la renta de aduana.

Conviene dejar establecido desde luego que el azúcar se puede producir perfectamente en nuestro país, como se producen la harina, el vino, etc., según lo demuestra en forma concluyente el ensayo de la Fábrica nacional de azúcar de la Sierra, ensayo que viene realizándose desde hace veinte años.

III

LA LEY DE 10 DE ABRIL DE 1906

La Ley de 10 de Abril de 1906 tenía por objeto fomentar la producción del azúcar de remolacha (Véase el anexo N.° 1). Por sus artículos 2.° y 3.° acordaba las primas siguientes:

1.er	año	$ 50.000	con	obligación	de	producir	300.000	kilos	de	azúcar
2.°	»	» 40.000	»	»	»	»	400.000	»	»	»
3.er	»	» 30.000	»	»	»	»	700.000	»	»	»
4.°	»	» 20.000	»	»	»	»	1.100.000	»	»	»
5.°	»	» 20 000	»	»	»	»	1.500.000	»	»	»

En total son $ 160.000 de primas, con obligación de producir *cuatro millones* de kilos de azúcar, lo que viene a corresponder, como término medio, a un premio de *cuatro centésimos* por kilo de azúcar producido.

A más, por el artículo 8.° de la misma Ley, se exonera de los derechos de importación las semillas, el carbón y las má-

quinarias nuevas y piezas de repuesto destinados a la fabricación de azúcar.

Por el artículo 7.° sólo permitía gozar de los beneficios que acordaba la Ley a los que cumpliesen en los dos primeros años (1906 - 1907) con las obligaciones que para cada año imponía por el artículo 3.°, es decir, a los que fabricasen 300.000 kilos de azúcar en 1906 y 400.000 en 1907.

Como la Ley se promulgó el 10 de Abril de 1906, se ve claramente que fué dictada para beneficiar exclusivamente a la Fábrica de azúcar de La Sierra, que era la única que se había anticipado a la Ley. Nadie podía, en efecto, haberse puesto a sembrar remolacha después de Abril de 1906 para recogerla en ese mismo año y obtener los 300.000 kilos de azúcar exigidos.

Por el artículo 5.°, la ley que nos ocupa establece, a más, que los azúcares brutos introducidos para ser refinados pagarán los derechos con descuento de una merma del seis por ciento.

IV

EL AZÚCAR NACIONAL PRODUCIDO

La Fábrica de azúcar de la Sierra cumplió con todas las obligaciones que, por su artículo 3.°, imponía la Ley antes citada para merecer las primas que establecía, puesto que las cobró todas íntegramente, según se desprende de los decretos dictados en las respectivas oportunidades (Véanse los anexos N.os 2, 3 y 4).

Observando las cifras que expresan las cantidades de azúcar producidas anualmente por la Fábrica de La Sierra (Véase el anexo N.° 5), se comprueba que después de 1910, año en que debió producir un millón y medio de kilos para poder cobrar la última prima de veinte mil pesos, la cantidad de azúcar producido desciende a una cifra relativamente insignificante. En lugar de seguir ampliando su capacidad productora con el mismo impulso progresivo de los cinco prime-

ros años, cuando trabajaba bajo la tonificante influencia de las primas, la disminuye bruscamente. De un millón y medio de kilos que produjo en 1910, lo que significa la siembra de unas mil hectáreas de remolacha, desciende a medio millón de kilos, por término medio, lo que significa la siembra de sólo unas trescientas hectáreas de remolacha.

Como es fácil comprender, la producción de sólo medio millón de kilos de azúcar nacional por año no es como para influir en forma sensible sobre el balance financiero del país, dado que la población consume alrededor de cuarenta millones de kilos por año.

La conclusión que se desprende de la experiencia realizada con la Fábrica de La Sierra, es que la industria del azúcar no se halla todavía en nuestro pais en condiciones de desarrollarse sola, sin la ayuda del Estado.

V

UTILIDADES DE LA FÁBRICA DE AZÚCAR DE LA SIERRA

El azúcar importado tiene un gravamen, por concepto de derechos de entrada, de un cincuenta por ciento, aproximadamente, de su valor real. Gracias a esta protección aduanera, la industria del azúcar puede llegar a ser muy remunerativa en nuestro país.

La falta de la primera materia, que en nuestro caso no puede ser otra que la remolacha sacarina, es la causa única que ha impedido hasta ahora el desarrollo de dicha industria. Si la expresada raíz se produjese abundantemente en el país, la industria del azúcar estaría ya en pleno desarrollo, porque la dificultad de esta industria no radica, contrariamente a lo que podría suponerse, en la parte técnica de la elaboración del azúcar, ni en el costo de las fábricas que habría que instalar, sino exclusivamente en la producción de la cantidad necesaria de remolacha sacarina.

La comprobación que precede es de fundamental importancia para el fin que nos ocupa, y hay que tenerla bien

presente cada vez que se dicten disposiciones tendientes al fomento de la industria del azúcar. Por haberla ignorado u olvidado los autores de la Ley de 10 de Abril de 1906, es que ésta dió en la práctica tan desastrosos resultados.

Para que una fábrica de azúcar pueda rendir utilidades en nuestro país, es menester que produzca más de un millón de kilos de azúcar por año. Una fábrica que llegase a producir de dos a cinco millones de azúcar por año podría tener un amplio margen para buenas ganancias.

Difícilmente podrá realizar ganancias una fábrica que produzca menos de medio millón de kilos de azúcar por año.

Como la Fábrica de azúcar de La Sierra ha venido produciendo desde 1911 hasta la fecha, menos de medio millón de kilos de azúcar por año, con algunos años en que, por malas cosechas, no produjo nada, resulta que no sólo no ha podido realizar grandes ganancias, sino que más bien ha debido tener pérdidas.

¿Cómo se explica entonces que, a pesar de esas posibles pérdidas, la Fábrica precitada haya podido mantenerse en funcionamiento hasta ahora?

La explicación es sencilla. La Fábrica de azúcar de La Sierra y la Refinería Oriental pertenecen a los mismos dueños, quienes consideran indudablemente a ambos establecimientos como partes integrantes de una sola entidad industrial. La Refinería ha podido dar ganancias suficientes como para cubrir las pérdidas de la Fábrica de La Sierra.

VI

LA REFINACIÓN DEL AZÚCAR IMPORTADO

Desde el año 1906 hasta el año 1914, es decir, durante un período de nueve años, la Refinería Oriental importó, para refinar, alrededor de quince millones de kilos de azúcar por año, y desde el año 1914 hasta el año 1924 la cantidad de azúcar importada anualmente por la Refinería disminuyó fuertemente, reduciéndose tal vez a menos de la mitad de la importada en el primer período.

Debo advertir que en este caso me veo obligado a dar cifras aproximadas, porque no me fué posible obtener los valores precisos de las fuentes oficiales. Las cantidades referidas se basan en datos suministrados privadamente por uno de los propietarios de la Refinería.

El azúcar para refinar que importaba la Refinería era una suerte de azúcar en polvo de alta pureza, no inferior nunca al 98,5 por ciento de sacarosa. No obstante, los introductores de este azúcar se beneficiaban siempre, en la liquidación de los derechos de Aduana, de la merma del seis por ciento que establece el artículo 5.° de la Ley de 10 de Abril de 1906.

Refiriéndose el artículo precitado a los "azúcares brutos" que se destinen a la refinación, surge aquí la duda de si correspondía o no clasificar como tales los azúcares de alta pureza que introducía la Refinería.

VII

INTERPRETACIÓN DEL ARTÍCULO 5.° DE LA LEY DE 10 DE ABRIL DE 1906

Veamos, en primer lugar, qué debe entenderse bajo la denominación de "azúcares brutos", que figura en el artículo 5.o de la Ley de 10 de Abril de 1906.

La expresión de "azúcar bruto" es universalmente utilizada en las obras técnicas. Con ella se designa el producto, más o menos coloreado y de riqueza en sacarosa que oscila entre 83 y 96 por ciento, que se obtiene en las fábricas de azúcar por cristalización directa de los zumos sacarinos concentrados, y que, por lo general, es sometido a la refinación antes de ser entregado al consumo.

Existen azúcares de fábrica, obtenidos por cristalización directa de los zumos sacarinos concentrados, que, sin haber sufrido la operación de la refinación, pueden llegar a tener una riqueza en sacarosa de 99 por ciento y más aún; pero estos azúcares, que son blancos y que tienen todos los caracteres de los azúcares refinados, no se designan en parte al-

guna del mundo bajo el nombre de azúcares brutos, sino que se los asimila, atendiendo su pureza y sus caracteres físicos, a los azúcares refinados.

La refinación tiene por objeto purificar el azúcar. Los azúcares refinados suelen contener más del 98 por ciento de sacarosa. Es obvio que un azúcar puro, con más del 98 por ciento de sacarosa, no necesita, cualquiera que sea su origen, ser sometido a la operación de la refinación, puesto que originariamente posee ya la pureza requerida. Todo lo que podrá hacerse con esta clase de azúcares será cambiarles, persiguiendo fines comerciales, su estado de agregación, para lo cual bastará simplemente con hacerles sufrir una recristalización. Mediante esta sencilla operación podrá pasarse, por ejemplo, de un azúcar en polvo o en cristales pequeños a un azúcar en terrones o en panecitos.

Nadie podrá sostener fundadamente que la precitada operación equivalga, ni por la dificultad de ejecución ni por el motivo que la origina, a una verdadera refinación, aún cuando el azúcar sufra en realidad, por el hecho de la recristalización, una pequeña purificación, puesto que no tiene por objeto purificar el azúcar, sino hacerle sufrir simplemente un cambio en su estado de agregación.

En resumen, se ve que, interpretado con el criterio que resulta de las consideraciones que preceden, criterio que, a mi juicio, es el único científica y técnicamente justificable, el artículo 5.o de la Ley que me ocupa sólo autoriza al Poder Ejecutivo para conceder los beneficios de la merma del 6 por ciento a los azúcares brutos necesitados de refinación antes de que puedan ser librados al consumo, es decir, a los azúcares con menos del 96 por ciento de sacarosa.

VIII.

CONSECUENCIAS QUE HABRÍAN RESULTADO SI SE HUBIESE APLICADO ESTRICTAMENTE EL ARTÍCULO 5.o

Si se hubiese aplicado estrictamente el artículo 5.o de la Ley de 10 de Abril de 1906, la Refinería no habría podido

refinar con provecho ni un solo kilo de azúcar, debido a que la merma invariable del seis por ciento que en él se establece, es muy inferior a la que sufren en realidad los azúcares brutos al ser refinados.

La merma o, lo que es lo mismo, el rendimiento en refinado de cada suerte de azúcar bruto, es variable, pues depende de la cantidad y de la calidad de las impurezas que contenga. Es por este motivo que, cuando se procede con base científica, la merma se fija en cada caso, previo análisis del azúcar.

Se han propuesto distintos procedimientos para calcular el rendimiento en refinado de un azúcar bruto.

En algunos países se determina, además del valor sacarimétrico, la cantidad total de materias sólidas extrañas al azúcar, y luego se calcula el rendimiento en refinado deduciendo del valor sacarimétrico un peso igual al porcentaje de dichas materias extrañas, si se trata de un azúcar bruto de caña, y un peso igual al de dichas substancias multiplicado por 1, 2, si se trata de un azúcar bruto de remolacha.

En Francia se sigue otro procedimiento. Se determina, además del valor sacarimétrico, la proporción centesimal de glucosa y la de las cenizas, y luego se calcula el rendimiento en refinado del azúcar bruto analizado, deduciendo del valor sacarimétrico la cifra de la glucosa multiplicada por dos y la de las cenizas multiplicada por cuatro. Así, por ejemplo, un azúcar bruto que arrojase al análisis los datos siguientes:

Valor sacarimétrico	°/o	95.5
Glucosa	»	3.45
Cenizas	»	0.40

tendría un rendimiento en refinado igual a

$$95.5 - (3.45 \times 2) - (0.40 \times 4) = 87\ \%$$

Como se ve, este azúcar sufriría una merma del *trece* por ciento al ser refinado, cifra mucho mayor que la del seis por ciento que establece la Ley.

IX

LA IMPOSIBILIDAD DE APLICAR ESTRICTAMENTE EL ARTÍCULO 5.º ¿ES UNA PRUEBA DE QUE AL NOMBRAR «AZÚCARES BRUTOS» SE HA QUERIDO DESIGNAR «AZÚCARES PUROS»?

Como el artículo 5.o de la Ley de 10 de Abril de 1906 no resulta en la práctica cuando se le aplica estrictamente, de acuerdo con su texto bien explícito, cabe la suposición de que ello sea debido a un error en la interpretación de la intención que tuvo el legislador al redactarlo.

Si dicho artículo fué redactado con perfecto conocimiento de las consecuencias que traería aparejadas su aplicación y si no ha de suponerse en quien lo redactó la intención oculta de imposibilitar la refinación del azúcar importado, suposición que indudablemente hay que descartar de inmediato por absurda, debe admitirse que al establecerse una merma fija del seis por ciento para los azúcares destinados a la refinación, se daba por sentado que no se introducirían para este fin más que azúcares de alta pureza, es decir, azúcares de más del 98.5 por ciento de sacarosa.

¿Puede haber sido esa realmente la intención del legislador que redactó la ley?

No, indudablemente, por dos motivos. Primero, porque no los habría designado con el nombre impropio de azúcares brutos, dado que los azúcares de más del 98.5 por ciento de sacarosa son asimilables, por su pureza, a los azúcares refinados, aún cuando provengan directamente de las fábricas y no de las refinerías. Y, segundo, porque de ser así habría incurrido en la imperdonable imprevisión de no dejar expresamente establecido que esos azúcares estarían sujetos siempre, cualquiera que fuese su pureza, al pago de los derechos de los azúcares no refinados. Porque bastaba, en efecto, que el Poder Ejecutivo se basase en la riqueza en sacarosa para clasificar los azúcares en refinados y no refinados, a los efectos de los derechos de importación, como lo ha hecho ya, aunque algo tarde, para que quedase anulada la supuesta intención del legislador.

Lo más lógico es admitir que el legislador se equivocó, por

no dominar bien el asunto, al establecer una merma constante tan pequeña para todos los azúcares brutos.

De las consideraciones que preceden se desprende, al mismo tiempo, que lo que dispone el artículo 5.° no es una concesión especial, sino sencillamente la legalización de una práctica universalmente admitida. El goce de este beneficio no puede, pues, estar sujeto a las condiciones que se establecen en el artículo 7.° de la misma Ley. Es una disposición de carácter general, incorporada a la Ley precitada por simples razones de oportunidad, aprovechable en todo tiempo por quienquiera que desee introducir azúcar bruto para refinar.

X

LA VENTAJA DE LA MERMA DEL SEIS POR CIENTO ES DE MUY ESCASO VALOR, AUN CUANDO SE LA BENEFICIE CON LOS AZÚCARES DE ALTA PUREZA.

Ya hemos visto que la merma del seis por ciento que concede la Ley es de todo punto insuficiente para cubrir las pérdidas efectivas que se producen en la verdadera refinación de los azúcares brutos. La merma real que éstos suelen sufrir oscila entre el diez y el quince por ciento. Sería un negocio ruinoso introducir esta clase de azúcares para refinar contando sólo con el beneficio de la merma del seis por ciento.

No sólo no alcanza dicha protección para cubrir las pérdidas reales que se producen en la refinación de los azúcares brutos verdaderos, sino que ni siquiera representa una ventaja industrialmente aceptable cuando se aplica a los azúcares de alta pureza, cuya refinación se reduce a una simple recristalización. Contrariamente a lo que suponen los señores comerciantes de la Liga de Defensa Comercial, los beneficios de la merma del seis por ciento nunca han podido dar margen a la Refinería Oriental ni para hacerles una competencia ruinosa ni para embolsar grandes ganancias, aun cuando la Refinería introdujese, como lo hacía, azúcares de la más alta pureza para refinar.

Suponiendo que haya introducido, por término medio, unos diez millones de kilos de azúcar por año, resulta que habrá gozado anualmente de la exención de los derechos correspondientes al seis por ciento de dicha cantidad de azúcar, o sea a unos 600.000 kilos, lo que representa una suma de treinta mil pesos. Con este beneficio no puede quedar, como se ve, una vez deducidos los gastos de merma y de fábrica, mucho margen para grandes ganancias.

No hay que olvidar que el régimen aduanero a que estaba sometido el azúcar para refinar que introducía la Refinería era igual, fuera de la merma del seis por ciento, al que regía para el azúcar que introducían los comerciantes. Sólo el Decreto de 5 de Noviembre de 1923 introdujo una diferencia en los derechos, según que el azúcar introducido se destinase al consumo o a la refinación, diferencia que luego anuló el Decreto de 5 de Mayo de 1924.

No es, pues, en el beneficio de la merma que hay que buscar la explicación del negocio largamente remunerativo que realizaba la Refinería Oriental.

XI

CLASIFICACIÓN DE LOS AZÚCARES EN "REFINADOS" Y "NO REFINADOS", A LOS EFECTOS DE LOS DERECHOS DE IMPORTACIÓN

La Ley que establece los derechos de importación del azúcar data del 12 de Enero de 1891. Clasifica, a este efecto, los azúcares en dos clases: en "refinados", que grava con un derecho específico de *seis centésimos* por kilo, peso bruto, y en "no refinados", que grava con un derecho específico de *cinco centésimos* por kilo, peso bruto.

Como la Ley no establece la manera de distinguir los azúcares refinados de los no refinados, la clasificación queda librada al criterio del Poder Ejecutivo.

Hasta Noviembre de 1923 el Poder Ejecutivo había tomado como base de criterio para clasificar los azúcares, a los efectos expresados, el estado de agregación con que se presentaban. Todo azúcar en polvo, cualquiera que fuese su

pureza, aun cuando contuviese el ciento por ciento de sacarosa, entraba al país como azúcar *no refinado,* y todo azúcar en terrones o en panecitos estaba sujeto a los derechos del azúcar refinado, aun cuando su riqueza en sacarosa no alcanzase al 98 por ciento.

Este absurdo procedimiento de clasificación era sumamente perjudicial para los intereses del Fisco. Por su culpa la Aduana dejó de percibir inútilmente, sin beneficio alguno para el país, como se verá más adelante, muchos cientos de miles de pesos.

Felizmente, desde Noviembre de 1923 se puso en vigencia un procedimiento de clasificación más racional, basado en la riqueza del azúcar en sacarosa.

XII

EN QUÉ CONSISTÍA EL NEGOCIO REMUNERATIVO DE LA REFINERÍA ORIENTAL

Como hasta el año 1914, fecha en que comenzó la guerra europea, el público sólo aceptaba como refinado el azúcar en terrones o en panecitos, los comerciantes importadores se veían obligados, para satisfacer las exigencias del consumidor, a introducir esta clase de azúcares. De acuerdo con el sistema de clasificación a la sazón en vigencia, estos azúcares se consideraban como refinados y estaban sujetos, en consecuencia, a un derecho específico de aduana de seis centésimos por kilo, cualquiera que fuese su riqueza en sacarosa.

Es necesario tener bien presente, a fin de no caer en error al juzgar los argumentos que se han expuesto en el curso de la discusión habida entre los comerciantes y la Refinería, que hasta el 5 de Noviembre de 1923 *tanto la Refinería Oriental como los comerciantes importadores,* podían introducir azúcar de la más alta pureza, siempre que fuese en polvo, bajo los derechos del azúcar no refinado, es decir, pagando sólo cinco centésimos de derecho específico por kilo de azúcar.

Pero lo cierto es que hasta el año 1914 los comerciantes no

pudieron aprovecharse de esa ventaja, porque el público no aceptaba como refinado el azúcar en polvo, por más refinado y puro que fuese. En cambio, la Refinería Oriental la explotó todo lo que quiso, con el provecho que en seguida se verá.

Gracias a su establecimiento de Bella Vista, la Refinería Oriental podía transformar inmediatamente en azúcar en terrones o en panecitos todo el azúcar en polvo de alta pureza que importaba. Para efectuar esta transformación sólo tenía que someter el azúcar, como antes hemos dicho, a una sencilla operación de recristalización, de poco costo y de escasa merma, menor siempre que la del seis por ciento de que se beneficiaba al introducir el azúcar.

Suponiendo que este beneficio de la merma le sirviese a la Refinería Oriental para cubrir todos los gastos de recristalización del azúcar que manipulaba, lo que, a mi juicio, no es mucho suponer, resulta que venía a tener la ventaja respecto de los comerciantes, que se veían obligados a introducir el azúcar en terrones, de *un centésimo por kilo de azúcar.*

Es aquí donde estaba el negocio verdaderamente remunerativo de la Refinería Oriental. Bastará un ligero cálculo para dar una idea aproximada de la utilidad que le reportaba anualmente este negocio.

Admitiendo que la cantidad de azúcar que introducía anualmente era, hasta el año 1914, de unos *quince millones de kilos*, por término medio, resulta que venía a obtener, mediante la recristalización de ese azúcar, las ventajas anuales siguiente:

1.° Por concepto de la merma del seis por ciento	$	45.000
2.° Por concepto de la diferencia de un centésimo en los derechos de Aduana	”	150.000
Total	$	195.000

Esta abultada suma puede dejar, como se vé, un ancho margen para liquidar el año con buenas ganancias, una vez cubiertos los gastos de recristalización del azúcar, los gastos generales y los intereses del capital invertido en la Refinería.

Hay que decir, en honor de la verdad, que el negocio que realizaba la Refinería Oriental era perfectamente lícito. Como no era el fruto de un privilegio ni de concesión alguna, siempre estuvo al alcance de todos. La Refinería no hizo otra cosa que aprovecharse de una deficiencia administrativa.

XIII

LO QUE HA PERDIDO EL FISCO A CAUSA DE UNA DEFICIENCIA ADMINISTRATIVA

Hasta el año 1914 los comerciantes introducían anualmente, por término medio, unos cinco millones de kilos de azúcar en terrones o en panecitos, por lo que abonaban los derechos correspondientes al azúcar refinado. (Véase el anexo N.° 6).

El resto de azúcar refinado que se vendía en el país lo introducía en polvo la Refinería Oriental, bajo los derechos del azúcar no refinado, para transformarlo, mediante la simple recristalización de que antes he hablado, en azúcar en terrones o en panecitos. Si la Refinería Oriental no hubiese hecho esa operación, los quince millones de kilos, por lo menos, que introducía anualmente habrían entrado al país como azúcar refinado, lo que habría significado un aumento anual de ciento cincuenta mil pesos de la renta de Aduana. Como esto sucedió desde 1906 hasta 1914, es decir, durante un período de nueve años, resulta que el Fisco dejó de percibir, durante ese tiempo, la nada despreciable suma de *un millón trescientos cincuenta mil pesos*. Bien se puede decir que el país perdió inútilmente el dinero que dejó de percibir la Aduana, puesto que la operación de recristalización del azúcar de alta pureza que realizaba la Refinería Oriental no constituía una industria beneficiosa para el país.

Después del año 1914 las cosas se agravaron, en lo que se refiere a los perjuicios que sufrió el Fisco a causa del deficiente procedimiento de clasificaión de los azúcares, como se verá en seguida.

XIV

CAMBIO QUE SE PRODUJO DESPUÉS DEL AÑO 1914

La imposibilidad de seguir trayendo azúcar de Europa después del año 1914, a causa de la guerra europea, obligó a importarlo de los Estados Unidos de Norte América. Nunca se había consumido en el país, antes de dicha fecha, a lo menos en cantidad apreciable, el azúcar norteamericano.

Los norteamericanos nos mandaron un tipo de azúcar refinado nuevo para nosotros. Era blanco, en polvo constituído por pequeños granos cristalinos sueltos, de aspecto semejante al de la sémola.

Como no había otro azúcar refinado en plaza, el público, que antes exigía el azúcar en terrones o en panecitos, no tuvo más remedio que aceptarlo. Luego concluyó por acostumbrarse a él, y hoy lo prefiere tal vez al azúcar en terrones.

Este nuevo hábito del consumidor, impuesto por la guerra europea, trajo como consecuencia una nueva merma en las entradas de Aduana. Una vez que el público aceptó como refinado el azúcar en polvo norteamericano, los comerciantes no importaron de otro tipo, y desde esa fecha dejó de figurar el azúcar refinado en las entradas de Aduana, según se puede comprobar por el examen de las cifras que figuran en el anexo N.° 6. De acuerdo con el procedimiento de clasificación antes en vigencia, todo el azúcar norteamericano, dado que venía en polvo, entraba al país como no refinado.

Después del año 1914 la Aduana dejó de percibir anualmente no sólo lo que correspondía al azúcar que introducía la Refinería Oriental, sino también lo que correspondía al azúcar refinado que antes introducían los comerciantes. Como esto sucedió desde 1914 hasta 1923, resulta que el Fisco dejó de percibir inútilmente, sin beneficio alguno para el país, en un período de nueve años, más de doscientos cincuenta mil pesos anuales.

La Refinería Oriental se perjudicó también, en parte, con el nuevo estado de cosas. Como el consumidor no exigía ya el azúcar en terrones, su negocio se redujo notablemente.

XV

DECRETO DE 5 DE NOVIEMBRE DE 1923 SOBRE CLASIFICACIÓN DE LOS AZÚCARES A LOS EFECTOS DE LOS DERECHOS DE IMPORTACIÓN.

El Decreto de 5 de Noviembre de 1923 disponía que para clasificar los azúcares en refinados y no refinados, a los efectos de los derechos de importación, se tomase por base la pureza del azúcar, sin tener para nada en cuenta el estado de agregación con que se presentaba, contrariamente a lo que se había venido haciendo hasta entonces.

Por la nueva disposición se consideraban *refinados* los azúcares que contenían más del 98,5 por ciento de sacarosa, y *no refinados,* los que contenían menos del 98,5 por ciento de sacarosa.

La riqueza en sacarosa es la única base de criterio racional y justa para clasificar los azúcares.

Muchos países han eliminado de sus reglamentos, a fin de evitar confusiones, las anticuadas e imprecisas expresiones de *azúcar refinado* y *azúcar no refinado.* Estos términos empezaron por ser equivalentes a los de *azúcar puro* y *azúcar impuro,* respectivamente. Pero luego, a causa de los progresos de la técnica industrial, por una parte, y a causa del uso de nuevas prácticas comerciales, por otra, se dió a menudo el caso de que un azúcar que salía de la fábrica fuese más puro y más apto para el consumo que otro que salía de la refinería.

Los efectos del decreto que nos ocupa regían sólo para "los azúcares destinados al consumo". Como nada decía respecto de los "azúcares brutos" que, de acuerdo con el artículo 5.° de la Ley de 10 de Abril de 1906, se introdujesen para refinar, la Refinería Oriental entendió y con ella también lo entendió el Poder Ejecutivo, que podía seguir usando del derecho de introducir, como lo había hecho hasta entonces, gracias al antiguo procedimiento de clasificación, como azúcares no refinados azúcares de alta pureza, es decir,

azúcares de más del 98,5 por ciento de sacarosa. A más de esta concesión, la Refinería Oriental gozó también, durante la vigencia del citado Decreto, del beneficio de la merma del seis por ciento.

El Decreto de esta referencia motivó un escrito de la Liga de Defensa Comercial, en el que, entre otras cosas, se pedía que se rebajase a 96 por ciento el límite que se establecía para clasificar los azúcares en refinados y no refinados.

XVI

ESCRITO DE LA LIGA DE DEFENSA COMERCIAL

Con fecha 15 de Noviembre de 1923, la Liga de Defensa Comercial se presentó ante el Ministerio de Hacienda pidiendo que el límite de 98,5 por ciento que establecía el Decreto de 5 de Noviembre para clasificar los azúcares en refinados y no refinados, a los efectos de los derechos de importación, fuese llevado al 96 por ciento (Véase el anexo número 8).

Según la Liga de Defensa Comercial, dicho Decreto colocaba a la Refinería Oriental en una posición tan favorable respecto de los comerciantes importadores de azúcar, que casi equivalía a entregarle el monopolio del azúcar.

Gracias a ese Decreto, decían los comerciantes de la Liga, la Refinería Oriental podrá introducir *en adelante* para refinar azúcares de hasta 98,5 por ciento de pureza, con el beneficio, a más, de la merma del seis por ciento, azúcares que luego, después de hacerles sufrir una ligera manipulación, venderá como refinados. De este modo, prosigue la citada Liga, podrá hacerles a los comerciantes importadores una competencia ruinosa, gracias a la ventaja que tiene en su favor del centésimo de diferencia entre los derechos que abonan los importadores por el azúcar refinado y los que abona la Refinería, y al beneficio de la merma del seis por ciento.

Puede afirmarse desde luego que, en lo que se refiere a

las consecuencias que atribuyen al límite de 98,5 por ciento que establecía el Decreto precitado, los temores de los señores comerciantes de la Liga eran completamente infundados.

Después de dictado el Decreto impugnado por la Liga de Defensa Comercial, la Refinería Oriental siguió introduciendo para refinar, *como lo había venido haciendo desde veinte años atrás,* azúcares en polvo de alta pureza, *nunca menor que la del 98,5 por ciento,* según declaración de la propia Refinería, abonando por esos azúcares los derechos correspondienes al azúcar no refinado, y beneficiándose, además, con la merma del seis por ciento.

Pero, lo volvemos a repetir, esta ventaja no la obtenía la Refinería Oriental hasta que entró en vigencia el Decreto de 5 de Noviembre de 1923, contrariamente a lo que afirma la Defensa Comercial, como consecuencia de un privilegio derivado de la Ley de 10 de Abril de 1906, sino sencillamente amparada en la práctica general que se había seguido hasta el momento en que entró en vigencia el Decreto precitado.

Ninguna disposición legal autoriza al Poder Ejecutivo para hacer distingos, a los efectos de los derechos de importación, entre los azúcares que se importan para el consumo y los que se importan para refinar.

Una vez que se establecieron nuevas normas para clasificar los azúcares en refinados y no refinados, a los efectos referidos, ellas debieron aplicarse indistintamente a todos los azúcares importados, cualquiera que fuese su destino. La Refinería Oriental, como cualquier otro importador, estaba obligada a abonar los derechos de acuerdo con la pureza del azúcar que introducía, con la única ventaja, respecto de los demás importadores, de descontar la merma del seis por ciento, concedida por la Ley a los azúcares destinados a la refinación.

Se ve, pues, que si no se hubiese interpretado en forma ilegal el Decreto referido, el límite de 98,5 que fijaba habría tenido una consecuencia en un todo contraria a la que le suponían los señores comerciantes de la Liga de Defensa Comercial. Bajo la vigencia de la nueva disposición, el Poder Ejecutivo debió entender que los "azúcares brutos para re-

finar'' a que se refiere el artículo 5.° de la Ley de 10 de Abril de 1906, no podían ser de mayor pureza que la que correspondía al límite de 98.5, establecido para los azúcares refinados. En consecuencia, debió haber obligado a la Refinería Oriental a que se atuviese a ese límite si deseaba gozar de la ventaja de los derechos del azúcar no refinado y de los beneficios de la merma del seis por ciento. Tal es lo que sucedió más tarde, como veremos pronto, al ponerse en vigencia el Decreto de 5 de Mayo de 1924.

Conviene tener bien presente, a fin de evitar falsas interpretaciones, que, contrariamente a lo que afirma la Liga de Defensa Comercial, ni la Fábrica de azúcar de la Sierra ni la Refinería Oriental gozan de privilegio alguno.

Una vez que la Fábrica de Azúcar de La Sierra se benefició con las primas que le concedió la Ley de 10 de Abril de 1906, dejó de tener protección especial del Estado. Y en cuanto a la Refinería Oriental, toda la protección legal que tiene es la que con carácter general concede el artículo 5.° de la Ley antes citada y que se reduce a un descuento del seis por ciento por concepto de merma en la refinación.

Probablemente los señores comerciantes de la Liga de Defensa Comercial se quedarán sorprendidos al saber que ha estado *durante veinte años* al alcance de su mano, sin haberlo sabido aprovechar, el brillante y cómodo negocio de que hablan en su escrito. Contrariamente a lo que suponen, la Refinería Oriental no habría podido evitar que cualquier otro hubiese hecho el mismo negocio que ella hacía. Todo comerciante que hubiese instalado los aparatos necesarios para recristalizar el azúcar, se habría hallado en condiciones de realizar el gran negocio. Para ello no tenía más que introducir azúcares en polvo de alta pureza y someterlos luego a la ligera manipulación, de ínfimo costo, a que aluden en su escrito, para transformarlos en tipos de azúcares de aceptación corriente. En esta forma tan sencilla habrían podido hacer un negocio igual al que hacía la Refinería Oriental, con los mismos beneficios, pues habrían aprovechado, como ésta, la ventaja del centésimo de diferencia en los derechos de Aduana y los beneficios de la merma del seis por ciento.

XVII

BENEFICIOS QUE REPORTÓ A LA REFINERÍA ORIENTAL LA VIGENCIA DEL DECRETO DE 15 NOVIEMBRE DE 1923

La Refinería Oriental obtuvo un gran beneficio con la vigencia del Decreto de 15 de Noviembre de 1923, pero no fué, como ya dije, por el límite de 98,5 por ciento que en él se establecía para la clasificación de los azúcares, sino porque se la puso, ilegalmente, fuera del alcance del Decreto. En esta forma la Refinería Oriental resultó sumamente favorecida, habiendo quedado colocada en una posición muy semejante a la que tenía antes de 1914.

Hasta la fecha en que entró en vigencia el Decreto de esta referencia no se había hecho diferencia alguna entre los comerciantes importadores y la Refinería Oriental, a los efectos de los derechos que correspondía pagar por los azúcares importados. Pero después de esa fecha las cosas cambiaron completamente.

La Refinería Oriental introducía azúcares de una pureza mayor que el 98.5 por ciento y, no obstante corresponderles a estos azúcares, según el Decreto, la clasificación de refinados, abonaba por ellos los derechos correspondientes a los azúcares no refinados, beneficiándose, a más, de la ventaja de la merma del seis por ciento. Si, en lugar de la Refinería Oriental, eran los comerciantes importadores quienes introducían los mismos azúcares, entonces debían abonar por ellos los derechos correspondientes a los azúcares refinados, es decir, un centésimo más por kilo que la Refinería, y no se beneficiaban de la merma del seis por ciento.

Más adelante, al comentar el escrito que la Refinería Oriental elevó al Superior Gobierno, pidiendo se dejase sin efecto el Decreto de 5 de Mayo de 1924, volveremos a tratar este punto.

XVIII

DECRETO DE 5 DE MAYO DE 1924

Este Decreto anuló el de 5 de Noviembre de 1923. En la parte dispositiva los dos decretos son iguales, con la única diferencia de que mientras el anterior sólo se refería a los ''azúcares destinados al consumo'', el nuevo se refiere a todos los "azúcares que se introduzcan al país''. (Véase el anexo N.° 9).

Bajo la vigencia del nuevo Decreto no se hacen ya distingos entre los azúcares que se introducen para el consumo y los que se introducen para refinar.

Los derechos de Aduana se regulan ahora por la riqueza en sacarosa del azúcar. Todo azúcar que contenga más del 98.5 por ciento de sacarosa está sujeto, cualquiera que sea su destino, a los derechos del azúcar refinado.

La Refinería Oriental, sintiéndose perjudicada, pidió la derogación de este Decreto. En el apartado que sigue comento el escrito que presentó con este motivo.

XIX

ESCRITO DE LA REFINERÍA ORIENTAL

La Refinería Oriental se presentó al Ministerio de Hacienda pidiendo la derogación del decreto de 5 de Mayo de 1924 porque, dice, de lo contrario se verá obligada a supender el trabajo de la Refinería y, por vía de consecuencia, también el de la Fábrica de azúcar de La Sierra. (Véase el anexo Número 10).

Aduce que si se la pone en el caso de tener que introducir para refinar azúcares de una riqueza en sacarosa menor que el 98.5 por ciento, no podrá seguir trabajando con provecho, por cuanto el beneficio de la merma del seis por ciento y la ventaja del centésimo por kilo de azúcar en los derechos de

Aduana, no alcanzan, juntos, para cubrir los gastos que ocasiona la refinación de tales tipos de azúcares.

Los azúcares para refinar que introdujo la Refinería Oriental fueron siempre, según su propia declaración, de una riqueza en sacarosa mayor que el 98.5 por ciento. Eran verdaderos azúcares refinados, según las normas vigentes desde el 5 de Noviembre de 1923.

Nada se le puede objetar a la Refinería Oriental, como antes lo he dicho, por el negocio que realizó hasta el 5 de Noviembre de 1923, aun cuando la operación a que sometía los azúcares puros que recibía fuese de discutible utilidad para el país, puesto que lo hizo al amparo de una disposición de carácter general, aprovechable para todos. Pero no sucede lo mismo cuando pretende que se le hagan concesiones especiales para persistir en la misma práctica.

Las concesiones especiales, que se hacen siempre a costa de las rentas públicas, pueden imponerle al país un sacrificio fuera de proporción con el beneficio que obtiene. Bastará citar el ejemplo de lo que sucedió con motivo de la vigencia del Decreto de 5 de Noviembre de 1923, para poner bien en evidencia toda la gravedad del peligro precitado.

El Poder Ejecutivo entendió, erróneamente, a mi juicio, que el Decreto antes citado no era aplicable a la Refinería Oriental. De aquí resultó, como ya lo dije en otro lugar, que el azúcar que la Refinería Oriental introducía bajo un gravamen de sólo cinco centésimos por kilo y con un beneficio, a más, del seis por ciento de merma, los comerciantes importadores se veían obligados a introducirlo bajo un gravamen de seis centésimos por kilo y sin el beneficio de la merma del seis por ciento.

Esta concesión, que no le reportó beneficio alguno al país, le costó al Estado una abultada suma de dinero, como se verá en seguida.

La comparación de las cifras mensuales correspondientes al azúcar importado en los años 1924 y 1925 bajo los rubros de "refinado" y "no refinado", pone bien en evidencia la influencia que han tenido los decretos precitados sobre la ubicación de ese azúcar en dichos rubros. No hay que olvi-

dar que por cada kilo de azúcar que pasa de uno a otro rubro el Estado gana un centésimo, por la diferencia en los derechos de entrada. Conviene recordar, a más, que la clasificación de "no refinados" que se aplicó a los azúcares importados hasta la fecha en que entró en vigencia el Decreto de 5 de Mayo de 1924, no correspondía, salvo una fracción insignificante, que no llegaba al medio millón de kilos por año, a azúcares realmente impuros, con menos del 98.5 por ciento de sacarosa, sino, al contrario, a azúcares de la más alta pureza. Antes de la vigencia del Decreto de 5 de Noviembre de 1923 estos azúcares se clasificaban como "no refinados" porque venían en polvo, y después, hasta la fecha en que entró en vigencia el Decreto de 5 de Mayo de 1924, se les siguió aplicando la clasificación de "no refinados" porque los introducía la "Refinería Oriental". (Véanse los anexos números 6, 11 y 12).

El Decreto de 5 de Noviembre de 1923 sólo estuvo en vigencia durante el primer semestre del año 1924. En este semestre aparecen entrando al país *un millón trescientos mil kilos* de azúcar "refinado" y *diez y nueve millones* de kilos de azúcar "no refinado". En el segundo semestre de 1924, bajo la vigencia del nuevo decreto, entraron al país *quince* millones de kilos de azúcar "refinado" y sólo trescientos mil kilos de azúcar no refinado, en los once primeros meses del año 1925, siempre bajo la vigencia del nuevo decreto, entraron al país *treinta y cinco millones de kilos* de azúcar "refinado" y *sólo trescientos mil* de azúcar "no refinado".

En resumen, de las consideraciones que preceden fluyen las conclusiones siguientes:

1.ª Que hasta el año 1923 todo el azúcar que se consumió entró al país como "no refinado", gracias al absurdo procedimiento de clasificación que estaba en vigencia, a pesar de ser tan puro como el que se importa hoy.

Por esa causa el Estado dejó de percibir inútilmente más de *trescientos mil pesos* por año.

2.ª Que en el primer semestre del año 1924 empezó a figurar el azúcar refinado en cantidad apreciable en las entradas de Aduana, lo que fué una consecuencia de la vigencia

del Decreto de 5 de Noviembre de 1923. No obstante, esta cantidad es relativamente pequeña respecto del total del azúcar importado, porque fueron sólo los comerciantes los que se vieron obligados a introducirlo bajo dicho rubro. La mayor parte fué importada por la Refinería Oriental, bajo el rubro de "no refinado", gracias a la concesión de que gozaba, a pesar de ser tan puro como el que introducían los comerciantes. El sacrificio que esta concesión le impuso al Estado, en los seis meses que duró, puede avaluarse en unos *ciento noventa mil pesos.*

3.ª Que una vez que se puso en vigencia el Decreto de 5 de Mayo de 1924, dejó prácticamente de figurar el azúcar no refinado en las entradas de Aduana. Los quince millones de kilos de azúcar refinado que entraron en el segundo semestre de 1924, trajeron como consecuencia un aumento de *ciento cincuenta mil pesos* en las rentas de Aduana, aumento que se elevó a *trescientos cincuenta mil pesos* en los once primeros meses del año siguiente.

XX

CÓMO DEBERÍAN ESTABLECERSE LOS DERECHOS DE IMPORTACIÓN DE LOS AZÚCARES BRUTOS DESTINADOS A LA REFINACIÓN

Los derechos de importación de los azúcares brutos destinados a la refinación deberían establecerse sobre la base de su rendimiento en refinado.

El rendimiento en refinado de un azúcar bruto expresa la cantidad de azúcar refinado que se obtiene de cada cien kilos de azúcar bruto que se someten a la refinación.

Establecidos los derechos sobre la base precitada, un azúcar bruto que acusase, por ejemplo, un rendimiento en refinado del 88 por ciento, gozaría del beneficio de una merma del 12 por ciento. En esta forma sólo se cobrarían los derechos de entrada por los 88 kilos de azúcar refinado que se van a obtener de 100 kilos de azúcar bruto.

Tal es la práctica, racional y justa, que se sigue en Francia y en otros países. (Véase el anexo número 13).

Ya he estudiado antes, en el apartado VIII, los distintos procedimientos que se pueden poner en práctica para calcular, mediante un sencillo análisis, el rendimiento en refinado de los azúcares brutos. Como este rendimiento varía con la cantidad y la calidad de las impurezas, no es posible establecer una merma constante e igual para todos los azúcares brutos.

Nosotros podríamos adoptar el procedimiento francés. No está libre de objeciones, pues en ciertos casos conduce a resultados que no concuerdan con los datos reales. Pero tiene en su favor la ventaja de que el error es siempre en favor del interesado, es decir, el rendimiento real es en tales casos superior al calculado.

Podría establecerse, pues, que los azúcares brutos que se introduzcan al país para ser refinados estarán sujetos al pago de los derechos sobre la base del rendimiento en refinado que arrojen, que se calculará deduciendo de su riqueza centesimal en sacarosa, determinada polarimétricamente, dos veces el peso de la glucosa por ciento y cuatro veces el peso de las cenizas por ciento. La glucosa y las cenizas contenidas en el azúcar deberán ser de origen natural, no agregadas.

XXI

TARIFAS ADUANERAS DE LOS PRINCIPALES PAÍSES

Como se puede ver por el anexo número 14, donde figuran las tarifas que rigen para la entrada del azúcar en algunos países, son pocos los países donde se hacen diferencias, a los efectos de los derechos de Aduana, entre los azúcares refinados y los no refinados.

En Francia, por ejemplo, que es un país productor de azúcar, la diferencia se reduce a 1 fr. 25 por cada cien kilos de azúcar, sobre 50 frs., que son los derechos de importación. Esta diferencia de 2,5 por ciento es, como se ve, insignificante y no tiene industrialmente importancia alguna. Todo lo que consiguieron los refinadores franceses en su favor fué

que el cómputo para los derechos de entrada se estableciese sobre el rendimiento en refinado y no sobre el peso del azúcar bruto, como antes se hacía. (Véase el anexo número 13).

En la Argentina, país también productor de azúcar, la diferencia entre las dos tarifas es de un 33 por ciento. El aforo es sobre el peso neto del azúcar bruto. En Chile la diferencia es del 37 por ciento, siendo el aforo sobre el peso neto del azúcar.

En Norte América estuvo en vigencia una tarifa, muy racional a primera vista, en la que se establecían los derechos de entrada sobre la base de la riqueza del azúcar en sacarosa. Pero fué derogada (Véase el anexo número 15).

Con la tarifa actual y suponiendo que para los azúcares brutos destinados a la refinación se computasen los derechos sólo sobre el rendimiento en refinado, tendríamos una diferencia de un 27 por ciento, aproximadamente, entre las dos clases de azúcares. Para ésto supongo un rendimiento medio del 88 por ciento para los azúcares brutos, lo que viene a corresponder al pago de $ 0.044 por kilo de azúcar bruto, peso neto.

XXII

EL PROBLEMA DE LA REFINACIÓN DEL AZÚCAR IMPORTADO

El problema de la refinación en el país del azúcar importado puede plantearse, en la parte fundamental que interesa a la economía nacional, en los términos siguientes.

El azúcar extranjero que consumimos podemos traerlo ya sea refinado y apto, por lo tanto, para ser entregado directamente al consumo, ya sea no refinado, no apto para ser entregado al consumo sin una refinación previa. Entre estas dos clases de azúcares existe una diferencia de precio, equivalente al costo de la refinación. La conveniencia en traer una u otra clase de azúcar depende de las condiciones en que nosotros podamos hacer la refinación. Si a nosotros nos ha de resultar más económica o a igual costo, es indudable que

conviene traer el azúcar bruto para refinarlo aquí, porque de este modo evitamos pagar al extranjero una actividad industrial que puede mantenerse en el país.

Es indudable que en esas condiciones conviene fomentar, aun cuando sea con algún perjuicio de la renta de Aduana, la introducción del azúcar bruto. Pero no hay que olvidar que los beneficios de la refinación son para el país de un valor muy relativo, motivo por el cual no conviene excederse en los sacrificios que se impongan al país para protegerla.

La refinación no es una industria mayormente digna de ser protegida por el Estado, porque en ella no se emplea materia prima alguna del país. Fuera de la mano de obra, que es escasa, y del carbón animal, que se obtiene por calcinación de los huesos, todo lo que requiere es de origen extranjero: máquinas, combustible, filtros, etc.

Si con la diferencia de un centésimo por kilo de azúcar, que establece el arancel aduanero vigente y con el descuento de la merma correspondiente al rendimiento que arroje el análisis, no resulta un negocio industrialmente viable, es porque la refinación del azúcar importado no tiene base económica natural en nuestro país.

Las diferencias precitadas implican una protección aduanera del 27 por ciento, aproximadamente. Esta protección es casi igual a la que concede la Argentina, y es apenas un diez por ciento menor que la que concede Chile, país éste que tiene un gran interés en refinar el azúcar bruto que importa del Perú. Francia, como dije, no concede más protección que el descuento de la merma.

No es posible, a mi juicio, que la protección antes citada del 27 por ciento junto con el menor costo del azúcar bruto y con el valor de las melazas sobrantes, no den base financiera suficiente para hacer industrialmente viable en nuestro país la refinación del azúcar bruto importado.

Hay que tener presente que la industria de la refinación del azúcar importado es, hasta cierto punto, enemiga de la industria del azúcar nacional. Toda concesión excesiva que se haga en favor de la primera puede redundar en perjuicio de la segunda. Y, conviene repetirlo, la verdadera industria,

la única digna de ser fomentada y protegida por todos los medios posibles, aún a costa de los mayores sacrificios, es la de la producción del azúcar.

En todas las tentativas que se han hecho hasta ahora en nuestro país para implantar la industria del azúcar, aparecen siempre ligadas la industria de la refinación con la de la producción del azúcar.

Esa hermandad es muy peligrosa para la verdadera industria del azúcar. Por el interés de ésta, es necesario en adelante encarar separadamente los problemas que a cada una de ellas se refieren.

XXIII

CÓMO DEBERÍAN CLASIFICARSE LOS AZÚCARES A LOS EFECTOS DE LOS DERECHOS DE IMPORTACIÓN

Lo más conveniente sería, a mi juicio, tomar de base el límite de los 96 grados sacarimétricos para clasificar los azúcares, a los efectos del arancel aduanero, en refinados y no refinados. En esta forma los azúcares con menos del 96 por ciento de sacarosa estarían sujetos al derechos específico de cinco centésimos por kilo, con el beneficio, a más, de la merma correspondiente al rendimiento en refinado que resultase del análisis.

Dicha clasificación sería muy beneficiosa para la renta aduanera, pues gracias a ella casi todos los azúcares que se introdujesen para el consumo directo estarían sujetos a los derechos del azúcar refinado.

El señor don Pedro Cossio, siendo Ministro de Hacienda, se pronunció en contra de dicho límite, porque, decía, con él se hacía imposible la introducción del tipo barato de azúcar semi-refinado, consumido por una parte de la población. Según el señor Cossio, ese tipo de azúcar, que polariza entre los 96° y 98°, se puede obtener a precios más económicos en los mercados productores, lo que permite venderlo aquí a menor precio que el refinado, sobre todo si entra al país como azúcar no refinado.

Mi opinión es que, tratándose de un artículo como el azúcar, de costo relativamente elevado y con un precio de venta sujeto a continuas oscilaciones, originadas por el estado de los mercados europeos y por el capricho de los mayoristas, oscilaciones que ordinariamente alcanzan al quince y hasta el veinte por ciento del precio de venta del azúcar, la diferencia de un centésimo en los derechos por kilo de azúcar no puede tener la importancia que se le quiere atribuir. No obstante, como puedo estar equivocado, voy a proponer, atendiendo la autorizada opinión del distinguido economista antes nombrado, una clasificación en la que se prevé la introducción para el consumo directo de azúcares baratos del tipo precitado.

El arancel aduanero quedaría establecido sobre la base siguiente:

Azúcares con más del 98 por ciento de sacarosa, $ 0.06 por kilo.

Azúcares con más del 96 por ciento de sacarosa $ 0.05 por kilo.

Azúcares con el 96 por ciento o menos de sacarosa $ 0.05 por kilo de refinado.

XXIV

EL CASO ESPECIAL DE LA REFINERÍA ORIENTAL

Una refinería medianamente instalada puede refinar todo el azúcar que se consume en el país. Si bien no vale la pena, como antes he dicho, hacer grandes sacrificios para fomentar la refinación del azúcar importado, por lo poco fecunda que resulta esta industria, es indudable que conviene a los intereses del país que haya una refinería en funcionamiento.

Como la Refinería Oriental es la única que existe hoy en el país y como no hay interés alguno en que se instalen otras refinería, habría, a mi juicio, conveniencia en tratar el caso de esa Refinería con criterio particular, dictando disposiciones especiales que asegurasen su funcionamiento.

La solución que se adopte a este respecto debe ser bien meditada, a fin de que no perjudique ni a la población, poniendo en manos de la Refinería Oriental el dominio del mercado del azúcar, ni a la verdadera industria del azúcar nacional.

Los dueños de la Refinería Oriental son también propietarios de la **Fábrica de azúcar de** La Sierra. En todas sus gestiones ante los Poderes Públicos, la firma propietaria ha hecho siempre una sola cuestión de sus dos Establecimientos industriales, o, mejor dicho, los ha presentado siempre como partes de un todo inseparable.

Si bien a la firma propietaria puede resultarle ventajosa, desde el punto de vista de su interés particular, esta asociación, no le sucede lo mismo al Estado. El interés del país exige, al contrario, que se deslinden bien las cuestiones que se refieren a cada uno de los dos Establecimientos y que se traten por separado los problemas relacionados con ellos.

Por tal motivo trataré aquí sólo del problema de la refinación por la Refinería Oriental del azúcar importado, prescindiendo por completo de todo lo que se relaciona con la Fábrica de azúcar de La Sierra, la cual podrá gozar, a la par de las otras fábricas que se instalen en el futuro, de los beneficios que se acuerden en general a la producción del azúcar nacional.

Como antes he dicho, la refinación del azúcar bruto importado puede tener, a mi juicio, base financiera suficiente con la protección de un centésimo por kilo que le acuerda el arancel aduanero y con la diferencia de costo, el beneficio de la merma y el valor de las melazas sobrantes. Pero los propietarios de la Refinería Oriental sostienen que no es así. Afirman, basándose en su experiencia personal, que la refinación resulta aquí mucho más cara que en otros países, a causa del elevado costo del carbón y de la mano de obra. Es posible que esos factores imposibiliten para competir en el costo de la refinación con otros países; pero siempre queda libre la protección de un centésimo por kilo de azúcar para compensar el mayor costo de la refinación y para dejar un margen de beneficios. Si en realidad no fuese así sería cuestión de de-

sistir de todo empeño en mantener artificialmente en el país una industria económicamente tan desventajosa.

No obstante, dado el interés que existe para el país en que se mantenga en actividad una refinería, podría adoptarse una solución particular transitoria, en la que se atendiese en parte, con un pequeño sacrificio de las rentas públicas, el pedido de la Refinería Oriental.

La mejor solución consistiría, a mi juicio, en conceder a la Refinería Oriental la facultad de introducir anualmente, durante cinco años, hasta cinco millones de kilos de azúcar bruto para refinar, de menos de 96° polarimétricos, abonando un derecho específico de $ 0.045 por kilo de refinado, en lugar de los $ 0.05 que establecería el arancel aduanero.

Con esa protección la Refinería Oriental tendría, a mi juicio, una base suficientemente segura para desarrollar el trabajo normal de la Refinería, mediante el cual podría refinar anualmente de quince a veinte millones de kilos de azúcar bruto importado de menos de 96°.

El carácter transitorio de la concesión evitaría el peligro de causar un mal irreparable a la industria del azúcar nacional, y la limitación de la cantidad del azúcar a introducir bajo el beneficio concedido, alejaríala posibilidad, tan temida por los comerciantes importadores, de que la Refinería Oriental pudiese monopolizar el mercado del azúcar.

XXV

LA CAUSA DEL FRACASO DE LA LEY DE 10 DE ABRIL DE 1906

Si la materia prima para la extracción del azúcar existiese en abundancia en el país, la industria del azúcar se habría desarrollado ya ampliamente, gracias a la excelente protección aduanera con que cuenta. Es por la falta de la remolacha sacarina, y no por las dificultades técnicas de la extracción ni por las financieras referentes al costo de las fábricas que habría que instalar, que no tenemos aun industria azucarera.

La siembra de la remolacha sacarina es más remunerativa que la del trigo; pero está expuesta a mayores peligros y es mucho más trabajosa que la del trigo. Es por este motivo que no hay agricultor, por animoso que sea, que se decida espontáneamente a correr por su exclusiva cuenta todos los riesgos que implica la siembra de dicha raíz.

Mientras es fácil instalar todas las fábricas de azúcar que sean necesarias en las regiones donde se cuente con la cantidad suficiente de remolacha para elaborar, no es cosa fácil preparar los centros productores de remolacha. De aquí se infiere que en toda ley de fomento de la industria azucarera ha de tenerse en cuenta en primer término, por su carácter de factor principal, la producción de la remolacha sacarina, materia prima fundamental de la industria.

Por la forma como están graduadas y distribuídas las primas, se ve que para los autores de la Ley de 10 de Abril de 1906 toda la dificultad de la industria azucarera estribaba en la instalación de la fábrica. Pensaron que una vez iniciada la industria y vencidas que hubiesen sido las primeras dificultades, inevitables en toda industria que se inicia, quedaba en condiciones de desarrollarse sola, sin otra ayuda del Estado que la protección aduanera. Aplicaron aquí, en otras palabras, el mismo criterio que podrían haber aplicado para fomentar industrias destinadas a la manufactura de materias primas naturales del país, de esas que existen en abundancia y que se exportan para ser trabajadas en el extranjero y que luego nos las devuelven manufacturadas, como ser las lanas, los cueros, los huesos, etc.

Fué ese grave error de orientación que condenó al fracaso la ley precitada.

La industria del azúcar, iniciada gracias a la ley referida, se desarrolló con alguna actividad en los cinco primeros años, pero fué una actividad transitoria, artificialmente mantenida por los premios a cobrar. Una vez que se agotaron los premios decayó su actividad.

No hay que culpar a los dueños de la Fábrica de azúcar de la Sierra por el fracaso de la Ley. Como es fácil comprender, su interés habría estado, una vez que tenían instalada

la fábrica, en producir la mayor cantidad posible de azúcar. Fué la falta de la materia prima que los obligó a limitar la actividad de su Fábrica.

Como ellos mismos sembraban la remolacha que elaboraban y como es en la obtención de ésta donde está la verdadera dificultad de la industria del azúcar, dificultad que, por este motivo, se renueva todos los años, y no en el trabajo de la Fábrica, cuya dificultad se vence una vez por todas, no pudieron seguir trabajando con provecho una vez que les faltó la ayuda del Estado.

De lo que precede se desprende que, para esta clase de industrias, la ayuda del Estado debe ser constante y proporcional al esfuerzo que se haga, y no, como se hizo en la ley antes citada, inicial y en razón inversa del esfuerzo realizado.

Otro grave error de dicha Ley fué el de encarar el problema de la industria del azúcar desde un punto de vista particular, atendiendo una sola iniciativa, destinada a tener, en el mejor de los casos, muy escasas proyecciones. La Ley fué hecha, se puede decir, exclusivamente en beneficio de la Fábrica de azúcar de La Sierra. No sólo no previó el otorgamiento de las mismas facilidades para las otras fábricas que hubiesen podido establecerse con posterioridad a la promulgación de la Ley, sino que trató de evitar tal posibilidad. De este modo condenó al país a no tener durante muchos años más fábrica de azúcar que la de La Sierra. Y esta fábrica, dado el paraje donde se halla instalada, muy poco apropiado, según declaración de los propios dueños, para la siembra de grandes cantidades de remolacha, lo más que puede llegar a producir es un cinco por ciento del azúcar que consume el país.

XXVI

BASES PARA LA NUEVA LEY DE FOMENTO DE LA INDUSTRIA AZUCARERA

En las consideraciones que preceden creo haber dejado bien establecidas las normas que han de servir de guía para

la redacción de la nueva ley de fomento de la industria azucarera. De ellas fluyen como verdades indiscutibles:

Primero: que esta industria necesita una fuerte protección del Estado para que, una vez iniciada, pueda desarrollarse con éxito.

Segundo: que la protección debe ser de larga duración, a fin de dar tiempo a que la industria eche hondas raíces en el país, y proporcional al esfuerzo realizado; y

Tercero: que, por ahora al menos, la actual protección aduanera no es por sí sola estímulo suficiente para el desarrollo de la industria.

Para garantir una inversión merecidamente remunerativa de su capital y de su trabajo a los industriales que quieran dedicar su actividad a esta industria, sería necesario asegurarles la protección del Estado durante un plazo prudencial y establecer los premios en razón directamente proporcional a la cantidad de azúcar producido.

La fórmula que se adopte deberá ser lo suficientemente amplia para que en ella tengan cabida todas las iniciativas bien intencionadas que surjan con el tiempo, y deberá ser lo suficientemente previsora como para admitir la posibilidad de que haya que recorrer varias etapas antes de alcanzar el fin deseado, es decir, antes de que se llegue a producir en el país todo el azúcar que se consume.

Por grandes que sean los sacrificios que se impongan al país para desarrollar la industria azucarera, nunca serán desproporcionados a los beneficios generales que ese desarrollo traerá aparejados.

Hoy somos tributarios del extranjero por un artículo de gran consumo, cuya adquisición implica la emigración del país de más de cuatro millones de pesos por año. Si nosotros produjésemos todo el azúcar que importamos, no sólo evitaríamos la emigración de tan cuantioso capital, sino que contribuiríamos grandemente al progreso del país. Con la implatación de esta industria se valorizarían nuestras tierras y se aumentaría la población del país, pues la siembra de la remolacha es muy remunerativa y requiere el concurso de muchos brazos. Como exige, a más, la aplicación de procedi-

mientos racionales de cultivo y de selección de semillas, sería a la vez un poderoso factor de progreso agrícola.

A mi juicio, a más de la protección aduanera, que nunca debería ser menor que la que rige actualmente, podría establecerse una prima de *tres centésimos* por cada kilo de azúcar producido, garantida durante un período de *doce años*. a contar desde la fecha de la promulgación de la ley, todo con las limitaciones que luego expondré. Sería, además, necesario que en los primeros años el Poder Ejecutivo pudiese dedicar fuertes sumas para favorecer la siembra de la remolacha sacarina y la formación de centros agrícolas productores de dicha raíz.

El procedimiento que propongo es de eficacia comprobada. Fué ya puesto en práctica con todo éxito por Norte América, y ahora, siguiendo el ejemplo de dicha nación, acaba de adoptarlo Chile.

La Ley Mc. Kinley, norteamericana, de Octubre de 1891, concedía una prima de *cuatro centésimos de dólar* por cada kilo de azúcar fabricado en el país, durante un período de catorce años, que comenzó el 1.° de Julio de 1891 y terminó el 1.° de Julio de 1905 (Véase el anexo N.° 16). Tan eficaz resultó la Ley Mc. Kinley, que convirtió a Norte América en un país exportador de azúcar, como lo podemos atestiguar nosotros, que le compramos anualmente azúcar por valor de algunos millones de pesos.

Con fecha 9 de Marzo de 1923 se dictó en Chile una ley semejante a la ley Mc. Kinley, por la cual se concede una prima de *treinta centavos*, moneda corriente, por cada kilo de azúcar que se produzca en el país, durante el plazo de ocho años y sólo hasta completar una capacidad productora de veinte millones de kilos en total (Véase el anexo N.° 17). Casi toda el azúcar que consume Chile — unos ochenta millones de kilos por año — lo importa del Perú bajo la forma de azúcar bruto.

El gravamen aduanero que pesa sobre los azúcares data del año 1891. Este gravamen no sólo no es muy alto, sino que está por debajo del que rige en muchos países, como puede verse por el anexo N.° 14, donde figuran las tarifas aduaneras de algunos países.

El azúcar es un artículo de gran consumo, pero no es de absoluta necesidad. La mitad talvez del azúcar que se consume tiene aplicaciones accesorias en la alimentación. Así que se puede decir que el azúcar es en parte un artículo de lujo.

El consumo de azúcar por habitante aumenta o disminuye según sea la prosperidad de la población: en los años buenos se consume mucho mayor cantidad que en los años malos. En el anexo N.° 6 figura la cantidad de azúcar que ha consumido por año cada habitante de nuestro país, desde el año 1905 hasta la fecha. Como allí se vé, las cifras varían mucho de un año al otro. Es de esperarse que el consumo por habitante siga aumentando con la prosperidad del país, hasta pasar de los treinta kilos, que es la cantidad media que consumen los habitantes de los países de mayor prosperidad.

Los recursos necesarios para atender los gastos que se originasen con motivo de la protección de la industria azucarera, podrían obtenerse fácilmente, sin sacrificio alguno para las rentas generales del Estado, aumentando en un centésimo por kilo los derechos de importación del azúcar. Las entradas que produciría este aumento de derechos bastarían para atender durante mucho tiempo los gastos originados por las primas concedidas y por las medidas tomadas para facilitar a los agricultores su iniciación en la siembra de la remolacha sacarina.

El aumento de derechos que propongo viene a representar un cinco por ciento, aproximadamente, del precio de venta al público del azúcar. Este aumento no puede tener repercusión desfavorable en la economía doméstica, puesto que, cómo ya tuve ocasión de decirlo antes, de ordinario se suelen producir oscilaciones en el precio del azúcar que alcanzan al veinte por ciento y más aún de su valor, oscilaciones que la mayor parte de las veces se producen sin causa valedera alguna que las justifique, como que son la consecuencia de especulaciones de los acaparadores del exterior o de hábiles maniobras de nuestros importadores.

Es en verdad sorprendente que nuestros financistas no hayan advertido la posibilidad de obtener un mayor rendimiento del rubro aduanero que nos ocupa. Desde largo tiempo atrás podía haber dado mucho más que lo que ha dado, sin

perjuicio sensible alguno para la población y con indudable ventaja para la economía nacional, ventaja que habría derivado del aumento de la protección aduanera respecto de un artículo de gran consumo, que puede producirse perfectamente en el país.

Actualmente se introducen al país unos cuarenta millones de kilos de azúcar por año. Calculando bajo, se puede contar que el expresado aumento de derechos rendiría, en las condiciones actuales, más de trescientos mil pesos por año. Esta sería la principal fuente de recursos que permitiría pagar las primas a la producción del azúcar y los gastos que se originasen con motivo del fomento de la siembra de la remolacha sacarina. Con los recursos no invertidos se podría establecer un fondo de reserva, destinado exclusivamente para dichos fines.

Es indudable que una vez que llegásemos a producir sólo la tercera parte del azúcar que hoy se importa, podríamos dar ya por arraigada en el país la industria del azúcar. Imitando el ejemplo de Chile, podríamos facilitar la tarea del momento limitando la finalidad de la ley que se trata de dictar ahora, a la producción de sólo *quince millones* de kilos de azúcar, dejando para una futura ley el cuidado de establecer las medidas que la experiencia aconsejase para la obtención en el país de la totalidad del azúcar que se consume. En esta forma, una vez autorizadas las fábricas que en conjunto rindiesen la cantidad expresada de azúcar, no se concederían nuevas autorizaciones bajo los beneficios de la ley dentro del plazo de los doce años.

Todo industrial que se acogiese a los beneficios de la ley quedaría obligado a declarar año por año, en la época de la siembra de la remolacha, la cantidad probable de azúcar que piensa producir. Con estos datos y con los que obtuviese independientemente, gracias a sus propios medios de información, el Poder Ejecutivo podría saber con la anticipación necesaria cuando se estuviese por alcanzar el límite de producción fijado.

Establecida la ley en la forma expuesta, la entrada al país de los *veinticinco* millones de kilos de azúcar suminis-

traría al Estado una base permanente de recursos para atender, en parte por lo menos, los gastos de primas y de fomento de la siembra de la remolacha.

Hay que tener en cuenta que en los primeros años no se llegaría a invertir seguramente todos los recursos afectados. Los fondos de reserva que se acumulasen servirían para cubrir los déficit que necesariamente se habrían de producir en los últimos años, una vez que la producción de azúcar nacional pasase de los diez millones de kilos por año.

Debe tenerse presente, a más, que una vez iniciada con éxito en distintos centros agrícolas la siembra de la remolacha sacarina, el Poder Ejecutivo podría desentenderse de la tarea de fomentar esa siembra, dado que bastaría con el aliciente de la prima de los tres centésimos por kilo de azúcar producido, prima que, como es lógico suponer, tendría que repartirse entre el fabricante de azúcar y el productor de la remolacha, en la forma que más conviniese a los intereses de ambos, para mantener el interés de la siembra y para fomentar su ampliación y difusión.

Para producir los cuarenta millones de kilos de azúcar que consume el país habría que instalar de ocho a diez fábricas, por lo menos, distribuídas en todo el territorio de la Repúblaca, en cada uno de los centros productores de remolacha sacarina y habría que dedicar al cultivo de la remolacha sacarina de ochenta a cien mil hectáreas de tierras aptas.

Se puede suponer, como base de cálculos, una capacidad de producción anual de cada fábrica de unos cuatro a cinco millones de kilos de azúcar, para lo cual tendría que hallarse en condiciones de poder trabajar alrededor de medio millón de kilos de remolacha por día, durante los tres meses que puede durar su actividad. Se supone que la remolacha rinde del once al catorce por ciento de azúcar.

Se necesitarían unas cinco mil hectáreas de tierras sembradas para proveer de remolacha cada fábrica, en el supuesto de que cada hectárea rinda una cosecha mínima de diez toneladas de remolacha. Como, por otra parte, es necesario alternar la siembra de la remolacha con la de otro producto, a fin de no fatigar demasiado las tierras ni gastar mucho en

abonos, resulta que cada centro productor de remolacha necesitaría disponer, si ha de abastecer una fábrica de la capacidad expresada, de unos diez mil hectáreas de tierras aptas. Las mejores tierras para esta clase de cultivo son las calcáreas.

XXVII

PROYECTO DE LEY DE FOMENTO DE LA INDUSTRIA AZUCARERA

Resumo a continuación, en un proyecto de ley, las ideas expuestas por mí en el curso del presente informe.

Artículo 1.° Acuérdase una prima de *tres centésimos* por cada kilo de azúcar con más del 98 por ciento de sacarosa que se produzca en el país y que sea extraído de la remolacha sacarina sembrada en el país o de cualquier otra materia prima nacional.

Art. 2.° Dicha prima se concederá durante un plazo de *doce años*, a contar desde la fecha de la promulgación de la presente ley, pero sólo hasta alcanzar la producción total de quince millones de kilos de azúcar por año. Las fábricas que se establezcan después de alcanzada esa producción, dentro del plazo de los doce años, no gozarán de beneficio alguno de primas.

Art. 3.° Para tener derecho a las primas, cada productor de azúcar deberá someter al Poder Ejecutivo, antes de iniciar la instalación de la fábrica, un memorándum donde consten la capacidad máxima productora de la fábrica y los demás datos que, para el mejor cumplimiento de la ley, le exija el Poder Ejecutivo. Queda asimismo obligado a declarar, año por año, al Poder Ejecutivo, al iniciarse la siembra de la remolacha, la cantidad de azúcar que piensa producir. Cada fábrica que se instale deberá tener como mínimum, para poder acogerse a los beneficios de la presente ley, una capacidad productora anual de un millón de kilos de azúcar.

Art. 4.° Autorízase al Poder Ejecutivo para efectuar los gastos que juzgue necesarios, dentro de los recursos que

para este efecto destina la presente ley, para fomentar la siembra de la remolacha sacarina y la formación de centros agrícolas productores de dicha raíz.

Art. 5.° Los gastos de primas a la producción de azúcar nacional y los de fomento de la siembra de la remolacha sacarina, se cubrirán con parte de las entradas de Aduana provenientes del azúcar, afectándose especialmente para este fin lo que corresponda a un centésimo por cada kilo de azúcar importado.

Art. 6.° Constitúyese un fondo de reserva, que se denominará: "Fondo de reserva para el fomento de la industria azucarera", donde se irán acumulando año por año los recursos anuales no invertidos. Este fondo quedará a la disposición del Poder Ejecutivo y servirá para cubrir los déficit que resulten cuando la cantidad de azúcar nacional producido pase de los diez millones de kilos por año. Lo que faltare para cubrir dichos gastos una vez agotado el fondo de reserva, se tomará de rentas generales.

Art. 7.° Quedan exoneradas de los derechos de importación las semillas de la remolacha sacarina y las maquinarias nuevas y piezas de repuesto destinadas a la siembra de la remolacha y a la extracción y purificación del azúcar.

Art. 8.° Autorízase al Poder Ejecutivo para formalizar los contratos de pago de primas y de fomento de la siembra de la remolacha sacarina con las personas o compañías responsables que ofrezcan implantar, acogiéndose a los beneficios de la presente ley, la industria azucarera en el país. Queda asimismo autorizado para dictar todas las disposiciones que juzgue necesarias para el mejor cumplimiento de la finalidad que se tiene en vista en la presente ley.

Art. 9.° Los azúcares importados estarán sujetos al arancel aduanero siguiente:

Azúcares con más del 98 por ciento de sacarosa, pagarán un derecho específico de $ 0.07 por kilo, peso bruto.

Azúcares con más del 96 por ciento de sacarosa, pagarán un derecho específico de $ 0.06 por kilo, peso bruto.

Y azúcares con el 96 por ciento o menos de sacarosa, pa-

garán un derecho específico de $ 0.06 por kilo de refinado.

Art. 10. Concédese a la Refinería Oriental la facultad de introducir anualmente, durante un período de cinco años, a contar desde la fecha de la promulgación de la presente ley, hasta cinco millones de kilos de azúcar para refinar, con el 96 por ciento o menos de sacarosa, abonando sólo un derecho específico de $ 0.055 por kilo de refinado, en lugar de los $ 0.06 que establece la presente ley.

Art. 11. Deróganse todas las leyes y disposiciones que se opongan a lo establecido en la presente ley.

ANEXOS

ANEXO N.° 1

Ley de 10 de Abril de 1906, acordando primas a los fabricantes de azúcar nacional

Artículo 1.° Acuérdase a la plantación de remolacha y producción de azúcar nacional, una prima en las condiciones y con los requisitos que se determinan en los artículos siguientes.

Art. 2.° La prima a que se refiere el artículo anterior será de *cincuenta mil pesos* en el primer año, de *cuarenta mil* en el segundo, de *treinta mil* en el tercero y de *veinte mil* en el quinto año.

El derecho a los premios establecido por esta ley cesará después del quinto año.

Art. 3.° Los que quieran optar a esos premios estarán obligados a producir trescientos mil kilogramos de azúcar en el primer año, cuatrocientos mil en el segundo, setecientos mil en el tercero, un millón cien mil en el cuarto y un millón quinientos mil en el quinto, salvo casos de fuerza mayor debidamente justificados, quedando sometida la apreciación de esa justificación, a la decisión del Poder Ejecutivo.

Quedan obligados igualmente a cultivar desde el primer año trescientas hectáreas de remolacha.

Art. 4.° Los cultivadores de remolacha y fabricantes de azúcar nacional que quieran optar a las primas acordadas por esta ley, podrán descontarlas anticipadamente deduciéndose su importe del monto de los derechos de Aduana que tuvieran que satisfacer por los azúcares que introduzcan al país para ser refinados, pero si dejaren de cultivar el número de hectáreas o de producir la cantidad de azúcar

a que están obligados por esta ley, tendrán que restituir la prima que corresponda al año en que se haya producido esa falta de cumplimiento de la obligación contraída.

Art. 5.° Los azúcares brutos introducidos para ser refinados pagarán los derechos con descuento de una merma de 6 por ciento sobre el peso neto de los mismos.

Art. 6.° Hasta finalizar el año 1915 regirá una diferencia a favor del producto nacional, no menor de 67 milésimos por kilogramo de azúcar no refinado, de 78 milésimos por kilogramo de azúcar refinado entre la totalidad de los impuestos que paguen esos productos y los impuestos que paguen los azúcares importados.

Art. 7.° Solamente tendrán derecho a gozar de los beneficios de esta ley, los que dentro de los dos primeros años (1906 - 1907) cumplan las obligaciones que para cada uno de ellos impone el artículo 3.°, es decir, los que en 1906 o en 1907 fabriquen trescientos o cuatrocientos mil kilos de azúcar.

Art. 8.° Las semillas de plantas sacarinas, carbón y maquinarias nuevas o piezas de repuesto, destinadas a la fabricación de azúcar, serán exoneradas de los derechos de importación.

Art. 9.° Deróganse las leyes y disposiciones que se opongan a lo establecido en la presente ley.

ANEXO N.° 2

Prima acordada de acuerdo con la ley de 10 de Abril de 1906 a los fabricantes de azúcar nacional

---

Montevideo, 16 de Junio de 1906.

Vista la solicitud de la fábrica de azúcar establecida en "La Sierra", solicitando la prima que a la producción de azúcar nacional fija la ley de 10 de Abril del corriente año;

24.

Resultando: que los interesados para acogerse a los beneficios de dicha ley introdujeron a tiempo semillas de plantas sacarinas y carbón de consumo industrial, cumpliendo así los requisitos establecidos por el artículo 8.° de dicha ley;

Que de la tramitación impresa a su solicitud, queda demostrado que han cumplido con exceso para el primer año lo que prescribe el artículo 3.°, cultivando 332 hectáreas y fabricando 431.500 kilos de azúcar a la fecha del día 3 de Abril, producción que hasta el 22 figura aumentada con 44.500 kilos más.

Considerando: por tanto, que la fábrica expresada es acreedora a la prima de cincuenta mil pesos que fija para el primer año el artículo 2.°;

SE RESUELVE:

Declárase acreedora a la fábrica de azúcar "La Sierra" a la referida prima de *cincuenta mil pesos* que le corresponde en el primer año por haber cumplido las condiciones especificadas por el artículo 3.°, produciendo 300.000 kilos de azúcar y cultivando 300 hectáreas de remolacha.

ANEXO N.° 3

Prima acordada de acuerdo con la ley de 10 de Abril de 1906 a los fabricantes de azúcar nacional

---

MINISTERIO DE INDUSTRIAS, TRABAJO E INSTRUCCIÓN PÚBLICA.

Montevideo, 22 de Junio de 1907.

Vistos: este expediente, iniciado por los señores Díaz, Aznarez y Cía., con el fin de que se les otorgue la prima de cuarenta mil pesos acordada por la Ley de 10 de Abril del año próximo pasado.

Resultando: de los informes expedidos por los Departamentos de Ganadería y Agricultura y Nacional de Ingenieros, que la fábrica de azúcar establecida en "La Sierra", ha producido en el corriente año quinientos setenta y nueve mil kilos (579.000), de azúcar y cultivado cuatrocientos sesenta y dos hectáreas 3.684 metros cuadrados de remolacha;

Considerando: que la ley de 10 de Abril de 1906, en sus artículos 2.° y 3.°, acuerda una prima de cuarenta mil pesos ($ 40.000), a los que en el segundo año produzcan cuatrocientos mil kilos (400.000), de azúcar y cultiven 300 hectáreas de remolacha, límites éstos que han sido excedidos por los peticionarios; oído el señor Fiscal de Gobierno de Segundo Turno y de acuerdo con su dictamen;

SE RESUELVE:

1.° Declarar que la fábrica de azúcar establecida en La Sierra (Departamento de Maldonado), es acreedora a la prima de cuarenta mil pesos ($ 40.000) acordada por la Ley de la referencia.

2.° Dicha prima se deducirá del importe del monto de los derechos de Aduana que los peticionarios Díaz, Aznares y Cía., tengan que satisfacer por los azúcares que introduzcan al país para ser refinados (artículo 4.° de la Ley citada), introducción que se les acuerda con la condición de pagar los respectivos derechos, descontándolos de la prima que han ganado.

3.° En lo sucesivo las inspecciones de los plantíos se efectuarán en el mes de Febrero, antes de proceder al arranque de la remolacha para ser elaborada; y la inspección del producto azúcar poco antes de terminar su elaboración.

4.° A fin de facilitar la medición de las superficies cultivadas, signifíquese a los señores industriales, la conveniencia de que el cultivo de la remolacha se efectúe, en cuanto sea posible, en terreno de forma regular (cuadrados, paralelogramos, rectángulos, etc.).

5.° Pase este expediente al Ministerio de Obras Públicas a fin de que el Departamento Nacional de Ingenieros certi-

fique, como copia oficial, el informe sobre medición de áreas, y una vez llenado este requisito y devueltos estos antecedentes, ofíciese al Ministerio de Hacienda para que imparta a la Dirección General de Aduanas las órdenes del caso.

6.° Hágase saber a la Contaduría General del Estado y al Departamento de Ganadería y Agricultura y publíquese.

WILLIMAN.
GABRIEL TERRA.

ANEXO N.° 4

Pago de prima acordada a los fabricantes de azúcar nacional (Ley Abril 1906)

MINISTERIO DE INDUSTRIAS, TRABAJO E INSTRUCCIÓN PÚBLICA.

Montevideo, 15 de Julio de 1909.

Vistos: Estos antecedentes de los que resulta: Que los señores Díaz, Aznares y Cía., propietarios del establecimiento destinado a la elaboración de azúcar, que funciona en "La Sierra" (Departamento de Maldonado), solicitan:

a) Que se les declare con derecho a la prima de veinte mil pesos ($ 20.000), que la ley del 10 de Abril de 1906, acuerda a la plantación de remolacha y producción de azúcar nacional en el cuarto año;

b) Que se les descuente el importe del premio correspondiente al quinto año, del monto de los derechos de Aduana que deban abonar por los azúcares no refinados que introducirán al país; y

c) Que la Escribanía de Gobierno y Hacienda prorrogue, por simple nota y por un año más, la hipoteca dispuesta en el artículo de la resolución del 16 de Enero próximo pasado:

Considerando: Que, según lo expresa en su dictamen, la División de Agricultura, los cultivos de remolacha llevados a cabo por los postulantes, abarcan una superficie de seis cientas una hectáreas (601 hectáreas), y el azúcar por ellos elaborado, alcanza a un millón trescientos cuarenta mil ochocientos kilos (1.340.800); Que, por consiguiente, han cumplido la prescripción del artículo 3.° de la referida ley de 1906, que sólo exige el cultivo de 100 hectáreas y la producción de un millón cien mil kilos de azúcar, y satisfecho la obligación que les impuso la resolución del 12 de Setiembre del año último, de obtener un exceso de setenta y ocho mil seiscientos setenta kilos, sobre la última cantidad, para optar al premio de veinte mil pesos correspondiente al cuarto año;

Considerando: Respecto del pedido a que alude la letra *b)*: Que él se encuadra en los términos del artículo 4.° de la ley, de conformidad al cual pueden los señores Díaz, Aznarez y Cía., obtener el anticipo de la prima correspondiente al quinto año, descontándola del monto de los derechos aduaneros que gravan a los azúcares que importen para la refinación, siempre que afiancen con primera hipoteca de la fábrica (edificio y maquinarias), la devolución de dicha prima al Estado, para el caso de que no satisfagan las exigencias de la ley, ya sea en lo tocante a la extensión de los cultivos, como en lo relacionado con el mínimum señalado a la producción de azúcar;

Considerando: Improcedente la prórroga por un año de la hipoteca constituída por Díaz, Aznares y Cía., (parágrafo *c)* desde que habiendo tenido ella por objeto garantir el reintegro de la prima correspondiente al cuarto año, cuyo importe les fué entregado en la misma forma en que solicitan la correspondiente al quinto, y habiéndose extinguido esa obligación, según lo consignado en el primer considerando, se ha entinguido en ella la hipoteca; (Artículo 2321 y 2079 del Código Civil), y, en consecuencia, lo que procede es la celebración de un nuevo contrato con sujeción a las formalidades respectivas, (Artículos 2296, 2297, 1235 y 1226), entre las cuales se halla la escritura pública, cuya falta vicia de nulidad absoluta el contrato, (Artículo 1534) sin que pueda ser suplida por otra prueba (Artículo 1552).

Por estos fundamentos: Y de acuerdo con el señor Fiscal de Gobierno de primer turno, y con la División de Agricultura;

SE RESUELVE:

1.° Declarar que los señores Díaz, Aznares y Cía., tienen derecho a la prima de veinte mil pesos, que el artículo 2.° de la ley de 10 de Abril de 1906 acuerda a la plantación de remolacha y a la producción de azúcar nacional en el cuarto año, prima que ya ha sido entregada a los mismos industriales por descuentos del monto de los derechos de Aduana, que debían abonar por los azúcares introducidos al país para la refinación.

La Escribanía de Gobierno y Hacienda procederá a cancelar la respectiva hipoteca a que se refiere su oficio de 1.° de Febrero último.

2.° Concédese a los expresados señores, el beneficio de descontar anticipadamente de los mismos derechos aduaneros, la prima correspondiente al quinto año (veinte mil pesos) la previa constitución de nueva y primera hipoteca, hasta la concurrencia de esa suma, sobre la refinería de su propiedad situada en Bella Vista (edificios y máquinas) a los fines dispuestos en el artículo 4.° de la ley.

3.° Hágase saber, etc.

WILLIMAN.
ALFREDO GIRIBALDI.

ANEXO N.° 5

Azúcar nacional producido por la Fábrica de "La Sierra"

AÑOS	Cantidad en kilogramos
1906	300.000
1907	400.000
1908	700.000
1909	1.100.000
1910	1.500.000
1911	Se ignora
1912	» »
1913	» »
1914	534.000
1915	602.800
1916	369.050
1917	226.660
1918	462.090
1919	527 878
1920	Nada
1921	607.080
1922	421.990
1923	Nada
1924	659.210
1925	503.328

ANEXO N.° 6

Azúcar importado

AÑOS	Refinado — Kilog.	No refinado — Kilog.	TOTAL — Kilog.	Consumo por habitante — Kilog. por año
1905. . . .	6.519.360	8.829.505	15 348.865	14.34
1906. . . .	7.063.673	14.695.007	21.758.680	19.73
1907. . . .	5.953.200	15.289.215	21.242.415	18.63
1908. . . .	5.087.571	20.806.764	25.894.335	24.56
1909. . . .	6.846.948	18.407.717	25.254.665	22.55
1910. . . .	7.157.288	17.679.389	24.836.677	21.94
1911. . . .	4.003.750	20.534.290	24.538.040	20.83
1912. . . .	3 587.000	25.160 807	28.747.807	23.45
1913. . . .	4.055.035	24.265.930	28.320.965	22.14
1915. . . .	1.302.435	24.768 552	26.070.987	19.37
1916. . . .	937.233	24.403.278	25.340.511	18.39
1917. . . .	681.590	22.209.400	22.890.990	16.27
1918 . . .	639 756	30.447 984	31.087.740	21.74
1919. . . .	2.454.816	29.387.295	31.842.111	21.76
1920. . . .	2.383.600	23.975.029	26.358.629	17.63
1921. . . .	964.006	28.173.802	29.137.808	19.07
1922. . . .	254.398	29.235.696	29.490.094	18.85
1923. . . .	51.875	27.723.497	27.775.372	17.34
1924. . . .	16.303.563	18.873.810	25.177.373	22.00
1925 (once meses)	35.015	312.073	35 327.636	22.60

ANEXO N.° 7

Clasificación de azúcares refinados. — Tarifa de Aduana.— Rubro 2665

MINISTERIO DE HACIENDA.

Montevideo, Noviembre 5 de 1923.

Considerando: Que el aspecto físico de los azúcares destinados al consumo no puede servir de norma para apreciar

sus condiciones de refinado o no, a los efectos de la aplicación de los derechos de Aduana, desde que los azúcares granulados finos y molidos tienen una pureza y mismo un valor comercial sensiblemente iguales a los que se presentan en terrones, pancitos o cubos que hasta la fecha han sido los únicos clasificados por la Aduana como refinados, siendo de consiguiente azúcares refinados en polvo más o menos grueso, de aspecto cristalino y blancura, cuyos análisis justifican sus condiciones de tales;

Considerando: Que la forma actual de aplicación de los rubros de tarifa correspondiente a azúcares ha venido produciendo sensible pérdida de la renta respectiva, según así se ha podido comprobar con los datos estadísticos de los últimos años, que acusan una extraordinaria disminución en la importación de los azúcares considerados hasta ahora como refinados, no existiendo, por tanto, interés alguno en mantener el antes expresado régimen anticientífico y perjudicial al interés del Estado. Que, por lo demás, el régimen de clasificación que se trata de imponer, es el mismo adoptado en los últimos tiempos en las Aduanas, que han dado, como corresponde, aspecto científico a sus aranceles;

Atendiendo a las gestiones iniciadas por la Dirección General de Aduanas en diversas oportunidades, informadas por la Cámara de Comercio, así como de las diversas oficinas técnicas del Ministerio de Industrias y de Análisis de las Aduanas;

El Consejo Nacional de Administración

RESUELVE:

1.° A los efectos de los derechos de importación de los azúcares destinados al consumo, se consideran refinados, del rubro 2665 de la tarifa de Aduana, aquellos cuya riqueza en sacarosa determinada por el método polarimético sea superior a 98,5 % y como no refinados del rubro 2666 a los azúcares que contengan hasta 98,5 % de sacarosa.

2.° Adóptase para las determinaciones polarimétricas como

peso normal de los sacarímetros franceses, la cifra 16,29 para tubos de 20 centímetros a la temperatura de 20 ° centígrados.

3.° Comuníquese, publíquese y archívese.

Por el Consejo:

SOSA.
R. VECINO.
Manuel V. Rodríguez,
Secretario.

ANEXO N.° 8

Escrito presentado al Ministerio de Hacienda, por la Liga de Defensa Comercial

Montevideo, 15 de Noviembre de 1923.

Excmo señor Ministro de Hacienda, doctor Ricardo Vecino.

Los que suscriben, Numa Pesquera y Ramón Varela Radío, Presidente y Secretario, respectivamente, de la Liga de Defensa Comercial, en su representación, ante V. E., y por su intermedio, ante el Honorable Consejo Nacional de Administración, decimos:

Que, como lo anunciamos en nuestro escrito de fecha 8 del corriente, venimos a exponer las razones por las cuales la Institución de nuestra representación considera que debe ser modificado el decreto de fecha 5 del corriente, que determina el porcentaje de polarización del azúcar a los efectos de la imposición de los derechos de importación.

El decreto de la referencia dispone que "se considerarán azúcares refinados del rubro 2.665 de la tarifa de aduana, a aquellos cuya riqueza en sacarosa determinada por el método polarimétrico sea superior a 98,5 % y como no refinados del rubro 2.666 a los azúcares que contengan hasta 98,5 de sacarosa".

Se funda este Decreto, en el propósito de adoptar una base científica para la clasificación de los azúcares,, como refinados o no, a los efectos del pago del derecho de importación.

Los importadores están completamente de acuerdo con ese propósito; pero no lo están en la solución práctica que se ha dado, o sea en cuanto a la determinación de la polarización para la clasificación del azúcar como refinada o no, porque el Decreto no considera la situación de hecho en que está colocada nuestra plaza, con motivo de las franquicias concedidas a la ''Refinería Oriental'' de acuerdo con la ley de 10 de Abril de 1906. Es sólo por no haberse tenido en cuenta esta ley, que se hace el argumento de orden financiero a que se refiere el segundo considerando de dicho Decreto.

Empezaré por exponer a V. E. cual es la situación de hecho a que me he referido. La fijación de polarización o de riqueza en sacarosa de los azúcares a los efectos de la tarifa aduanera, está ligada y debe correlacionarse para resolver equitativamente el punto, con la ley de 10 de Abril de 1906 y con el privilegio de que goza, de acuerdo con ésta, la ''Refinería Oriental''. Aquélla no puede adoptarse justamente, sin tener en cuenta ésta, como paso a demostrarlo.

Estudiado así el punto, lo primero que debe observarse es que, no estando establecido con la misma precisión científica que persigue el aludido Decreto, lo que debe entenderse por azúcares *brutos* a los efectos del artículo 5.° de la citada ley de 1906, tendrá que seguirse entendiendo, como hasta ahora, que son los *no refinados*. Ahora bien: los azúcares que oscilan entre los 96° y 98°5 % de riqueza sacarosa (que no entrarán en la categoría de *refinados*) siendo en realidad aptos para el consumo, no lo son en su mayoría para la venta al consumidor, dado su aspecto físico (color ligeramente amarillento o grisaceo y a veces un poco húmedo).

Estos azúcares, aunque no aptos, en su mayoría para la venta al público, vienen sin embargo, suficientemente en condiciones para que, mediante una sencilla operación fabril, puedan, con ínfimo gasto, ponerse en excelentes condiciones también de ser aceptados por el consumidor.

Sentado ésto, se comprende fácilmente su consecuencia, que

es la siguiente: que la "Refinería Oriental" (única que goza de franquicias) podrá importar azúcares hasta 98°5 % de sacarosa, como azúcares *brutos,* obteniendo una rebaja de 6 % de merma sobre el peso bruto que la autoriza la precitada ley de 1906, más una diferencia de $ 0.01 por kilo, pues pagará el impuesto como *no refinada.* Pero, como por otra parte tenemos que salvo algunos azúcares destinados a la industria (fabricantes de dulces, de café, etc.), y muy pocos, todos los azúcares despachados por nuestra Aduana han dado más de 98°5 de polarización, no hay que pensar en la importación de inferior calidad a la indicada para el consumo corriente, por su poca aceptación.

De estos dos hechos combinados resulta que el comercio sólo podrá introducir azúcares calificados como *refinados,* lo cual determinará una enorme ventaja a favor de la "Refinería Oriental" de $ 0.15 en los diez kilos. Estos $ 0.15 cubrirán a la Refinería (dejándole un margen muy apreciable) los gastos de lijera manipulación para poner los azúcares no refinados en condiciones aceptables para el público puesto que con esa lijera manipulación habrá obtenido tipos de mejor aspecto, por los que el consumo paga mejor precio.

No habrá, pues, competencia posible: no habrá *importación de azúcares refinados.*

Así pues, manteniéndose el Decreto de que me ocupo, — implícitamente pero de hecho y positivamente, se habrá entregado a la "Refinería Oriental" el monopolio del azúcar de uso general en nuestro país. Tal es la situación de hecho a que me he referido y conforme a la cual debe resolverse el punto de que me ocupo.

Planteado así el caso, dentro de su evidente realidad, me permito señalar a V. E. cuales son sus inevitables consecuencias, con lo que quedará demostrado claramente el grave error que encierra el Decreto que motiva esta exposición.

El primer término, eliminada como quedará, la competencia con la "Refinería Oriental", esta acaparará el negocio de azúcar al amparo de su privilegio pudiendo recibir azúcares con 98°5 de polarización, que convertirá en tipos de aceptación corriente, mediante un gasto *muy inferior al beneficio*

de las franquicias que se le dispensan y, *por razón de esas mismas franquicias,* el Estado, en vez de recuperar las "sensibles pérdidas' de que habla el 2.° considerando del Decreto, las aumentará en suma importante, dado que los importadores quedarán en condición de no convenirles introducir azúcares refinados, ante la imposibilidad de competir con la Refinería. Es decir que a medida que se eleve el grado de polarización para la clasificación de *no refinados,* siempre que se haga dentro de un límite que no alcance a comprender los azúcares de consumo corriente y ordinario, (ese límite es precisamente, según el decreto, de 98°5) se reduce la probabilidad de la importación de los refinados, o en otros términos: que los $ 300.000 que se prevee obtener a favor del Fisco con la clasificación que establece el Decreto, irán en vez, a engrosar las ganancias de la Refinería.

En segundo término, la disminución de derechos de importación no beneficiará al consumidor, por el mismo hecho de haberse anulado la competencia, que es la eterna y única reguladora de los precios.

Y, en tercer término, no se habrá favorecido a la industria nacional, protejida por la ley de 1906, porque no puede calificarse de *industria,* la sencilla manipulación de dar mejor *aspecto* a los *azúcares importados en condiciones aptas para el consumo.*

Respecto a este último punto, no podemos dejar de expresar a V. E. que si se pretendiese hacer argumento de la necesidad de respetar la protección favorecida por la precitada ley de 1906, sería talvez difícil o por lo menos muy dudoso, colocar la manipulación que se hace para dar presentación al azúcar, en los términos de la *industria* protegida por aquella ley. Esta industria es la de *producción* y sólo por extensión alcanza a la refinación de azúcares *brutos,* lo que parece, lógicamente, hacer suponer que se refiere en ésto, a azúcares *no aptos* para el cosumo. Es en este caso, que propiamente existe *fabricación* o sea tranformación de la *materia prima.* Partiendo de esta base, en nada se violentaría el plausible fin de la citada ley (que en lo fundamental no ha logrado el éxito esperado) estableciendo la denominación de azúcares *brutos*

a los de menos de 96° de polarización y de refinados a los 96° y más de polarización. Es precisamente fundado en ésto, que V. E. sabe, y que concuerda con la opinión del señor Presidente del Consejo Nacional de Administración a propósito del proteccionismo según la crónica de sesiones de dicho consejo, en lo que apoya la justicia y conveniencia pública, de que se modifique el Decreto a que me vengo refiriendo, conforme a la fórmula siguiente que me permito someter a la ilustrada consideración de V. E.:

Que se consideren azúcares refinados a los de 96° y más de polarización, y brutos a los de menos de 96° de polarización, a los efectos de la aplicación de la tarifa de Aduana.

Es con la adopción de esta fórmula, que se obtendrá de verdad el aumento de ingresos fiscales que tiene en vista el precitado Decreto, y es también así que la "Refinería Oriental" será obligada a desenvolver su actividad propiamente *industrial,* refinando azúcares efectivamente *brutos,* colocándola en las condiciones de la ley, para el goce de los beneficios que ésta le acuerda. No debo terminar esta exposición; sin una demostración práctica, que a la vez que confirma lo que dejo anteriormente expuesto, demuestra lo perjudicial para los intereses del Fisco que resultaría del mantenimiento del Decreto de 5 del corriente. Con tal objeto acompaño dos muestras de azúcar de igual calidad y procedencia, venidas cada una en dos lotes, por distintos vapores, para las cuales la Oficina Química de Aduana, según copia de los análisis que acompaño, establece que la partida del vapor "Orania" dá 98° 20 de polarización y no es refinado y que la del vapor "Tirpitz" dá 98° 70 y es refinado.

En este caso, según el decreto del 5 del corriente, en la partida del vapor "Orania" el Fisco se perjudica en pesos 300.00, por concepto de derechos, mientras que con la fórmula que propongo, mundialmente aceptada, justa y equitativa, se equipararían estos dos lotes de azúcares como refinados.

Por todo lo expuesto:

Ruego a V. E., quiera tomar en cuenta lo que dejo expuesto, y si lo juzgase, como lo espero, arreglado a justicia,

se sirva resolver de acuerdo con las conclusiones que he establecido.

Me es grato saludar al señor Ministro, con mi consideración más distinguida.

Numa Pesquera.

R. Varela Radío,

ANEXO N.° 9

Decreto que modifica la parte dispositiva del decreto de 5 de Noviembre de 1923, sobre el régimen de importación de azúcares.

MINISTERIO DE HACIENDA.

Montevideo, Mayo 5 de 1924.

Siendo necesario modificar la parte dispositiva del decreto de 5 de Noviembre próximo pasado, sobre régimen de importación de azúcares para iniciar su aplicación dentro de un plazo que permita a los importadores adoptar las medidas relativas a su cumplimiento,

El Consejo Nacional de Administración

DECRETA:

1.° A los efectos de los derechos de importación los azúcares que se introduzcan al país, se consideran **refinados** aquellos cuya riqueza en sacarosa determinada por el método polarimétrico sea superior a 98,5 %, y como no refinados los azúcares que contengan hasta 98,5 % de sacarosa.

2.° Adóptase para las determinaciones polarimétricas, como peso normal de los sacarímetros franceses, la cifra 16,29 para tubos de 20 centímetros a la temperatura de 20° centígrados.

3.° El presente decreto se aplicará por las Aduanas de la República después de los 30 días de su publicación.
4.° Comuníquese, publíquese y archívese.

Por el Consejo:

SOSA.
PEDRO COSIO.
Manuel V. Rodríguez,
Secretario.

ANEXO N.° 10

Escrito presentado al Ministerio de Hacienda por los señores Días, Aznares y Cía.

Excmo. señor Ministro de Hacienda, don Pedro Cosio.

Excmo. señor:

Díaz Aznares y Cía, ante V. E. en la mejor forma que proceda, decimos:

Que en conocimiento de la resolución dictada por el Honorable Consejo Nacional de Administración con fecha cinco del corriente mes, sobre régimen de importación de azúcares al país, venimos a rogar, por las razones que en seguida expondremos, que esa resolución sea puesta en suspenso, hasta que se dicte una ley que establezca definitivamente nuestra situación con respecto a los establecimientos de que somos propietarios, cuya ley suplicamos que el Honorable Consejo quiera tener a bien proyectar.

El decreto mencionado, aplicable no sólo a los azúcares destinados al consumo, sino a todos, puesto que no hace distinción, nos coloca en un caso tan difícil para continuar trabajando, que seguramente nos obligará a cerrar nuestros esta-

blecimientos. Con ese decreto, el margen, notoriamente pequeño de que gozamos sufriría una reducción, debido a la menor polarización de los azúcares a introducir, que no compensaría los gastos de la refinación, y nos produciría, en consecuencia, pérdidas, que no podríamos soportar, porque serían constantes.

En virtud de ésto, y creyendo que es interés público el mantenimiento de nuestras industrias, puesto que ejercen un contralor en los precios de los azúcares, al punto de que desaparecidas, el consumidor quedaría expuesto al encarecimiento del artículo, que es tan necesario, pedimos a V. E. quiera estudiar detenidamente nuestra situación y propiciar se nos otorguen los medios de poder continuar trabajando.

Creemos, señor Ministro, que sería muy justo y a la vez muy conveniente para todos, sostener en actividad nuestros establecimientos comerciales, por la razón fundamental que dejamos expuesta, y también para conservar en sus puestos a todos nuestros empleados, jefes de otras tantas familias, que desde hace muchos años trabajan con nosotros y que quedarían cesantes y desamparados con el cierre de nuestros establecimientos.

No solicitamos, Excmo. señor, franquicias extraordinarias. Nuestra idea, es que se nos otorguen aquellas de que disfrutan estas industrias en la República Argentina y en Chile, pagando los derechos de importación, de acuerdo con los rendimientos, según los procedimientos más reconocidos, y dictándose la ley respectiva que nos ampare y nos ponga al abrigo de modificaciones que puedan sernos ruinosas, para obtener, de esa manera, las garantías de estabilidad necesarias que nos permita dar mayor impulso a la producción nacional de azúcares y refinamiento de los importados.

V. E. sabe que tenemos invertidos fuertes capitales en nuestros establecimientos y que nuestras industrias exigen grandes gastos, incluso los de conservación y renovación de las maquinarias indispensables a los mismos.

Si llegamos a obtener un régimen estable, que nos dé tranquilidad, podremos ensanchar nuestras actividades con evidentes ventajas para el consumidor, trayendo al país el au-

mento de nuestro comercio de importación con los mercados de Cuba y Perú, únicos países, casi hoy, que pueden ser consumidores del tasajo del Uruguay. Perú, acaba de ofrecer la compra de una cantidad de tasajo igual a quinientos vacunos mensuales como vía de ensayo, hasta tanto se establezcan las líneas de vapores directas con ese país. Con la ley que solicitamos sea sancionada, siempre que ella se dicte en condiciones apropiadas, y estableciendo el pago de los derechos con arreglo al rendimiento de cada partida de azúcar que se despache, estaríamos en condiciones de importar los azúcares, puede decirse únicos, que se fabrican en esos países para la exportación.

No pretendemos que la ley sea dictada en nuestro único beneficio. No pretendemos que se nos otorgue ningún monopolio. Perseguimos sólo que se otorguen las franquicias que conceden hasta los países más productores de azúcares, como la República Argentina. Por lo tanto, la ley comprendería a todos los que plantaran no menos de trescientas hectáreas de remolacha y que tuvieran fábrica para su elaboración. De esta manera, quienes se acogieran a ella contribuirían también al fomento de la producción nacional y experimentación de plantas azucareras, poblando nuestras tierras, y dando trabajo y educación a muchos habitantes de campaña.

Por lo tanto a V. E. suplicamos:

Quiera tener a bien llevar esta exposición al conocimiento del Honorable Consejo de Administración, al que suplicamos deje en suspenso los efectos del decreto de fecha cinco del corriente, propiciando la sanción de una ley que fije definitivamente nuestra situación y de todos aquellos que quieran dedicarse a la producción y refinamiento de azúcares.

Será justicia, etc.

Mayo 15 de 1924.

Díaz, Aznarez y Cía.

ANEXO N.° 11

Azúcar importado

AÑO 1924

MESES	Refinado	No refinado	TOTAL
Enero	59 185	3:692.147	
Febrero	267.117	2:240.654	
Marzo	36.760	2:814.328	
Abril	180.592	2:676.916	
Mayo	216.442	5:193.329	
Junio	543.927	2:098.869	
Total del 1.er semestre	1:304.023	18:716.243	20:020 266
Julio	1:766.452	12.480	
Agosto	2:397.042	17.085	
Setiembre	1:541.893	7.360	
Octubre	2:544.631	16.261	
Noviembre	2:381.784	49.735	
Diciembre	4:367.738	54 546	
Total del 2.° semestre	14:999.738	157.567	15:157.107
TOTALES GENERALES	**16:303 563**	**18:873.810**	**35:177.373**

ANEXO N.° 12

Azúcar importado

AÑO 1925

MESES	Refinado	No refinnndo	TOTAL
Enero	4:188.638	36.500	
Febrero	2:579 384	22 203	
Marzo	4:060 537	41.875	
Abril	3:189.808	12.915	
Mayo	3:150.940	63.850	
Junio	2:802.073	5.780	
Total del 1.er semestre	19:971.380	183.123	20:154.503
Julio	2:750.183	51.325	
Agosto	3:471.005	27.390	
Setiembre	2:558.112	24.340	
Octubre	3:185.152	22.945	
Noviembre	3:079.731	2.950	
Diciembre	—	—	
Total del 2.° semestre (5 meses)	15:044 183	128.950	15:173.133
TOTALES GENERALES	**35:015.563**	**312.073**	**35;327.636**

ANEXO N.° 13

Régimen aduanero de los Azúcares en Francia

En Francia el azúcar tiene un impuesto general de consumo de cincuenta francos por cada cien kilogramos.

Los azúcares refinados extranjeros pagan, a más, 50 francos por cada cien kilogramos.

Los fabricantes franceses tienen, pues, una protección de 50 francos por cada cien kilogramos de azúcar, lo que representa un 25 por ciento, aproximadamente, del costo del azúcar en fábrica, sin contar el impuesto de consumo.

En los decretos y comentarios que se transcriben a continuación, se pone en evidencia la diferencia que se hace en Francia, en lo que se refiere a los derechos que deben pagar los azúcares importados, entre el azúcar destinado al consumo y el destinado a la refinación.

RÉGIMEN ADUANERO FRANCÉS REFERENTE A LOS AZÚCARES IMPORTADOS DEL EXTRANJERO, SEGÚN SEAN DESTINADOS AL CONSUMO O A LA REFINACIÓN.

De acuerdo con la Convención azucarera de Bruselas de 5 de Marzo de 1902, el derecho de entrada al azúcar había sido fijado en 5 francos 50 por cada 100 kilogramos, *peso efectivo,* para los azúcares brutos, y en 6 francos para los azúcares refinados. Entre las dos tarifas había, pues, una diferencia de un 10 %, aproximadamente.

Pero habiéndose producido la ruptura de la Convención de Bruselas, un decreto de 6 de Junio de 1919, dictado de acuerdo con lo que disponía la ley de 29 de Marzo de 1910, elevó el derecho de Aduana en 14 francos por cada 100 kilogramos de azúcar. De este modo resultó que los azúcares brutos, cualesquiera que fueran sus rendimientos en refinado, venían a pagar 19 francos 50 de derechos, y los refinados y asimilados, 20 francos por cada 100 kilogramos.

En el mes de Junio de 1921 estos derechos fueron elevados a 48 francos 75 y 50 francos, respectivamente, por aplicación del coeficiente 2.5.

A raíz de dicha modificación protestaron los refinadores franceses, porque con ella se destruía, al aplicar un aumento uniforme de 14 francos sobre las dos tarifas, la proporcionalidad que existía originariamente. La aplicación del coefi-

ciente 2.5 agravó más aún la situación de los refinadores franceses.

En efecto, para obtener 100 kilogramos de refinado con azúcares brutos de Cuba, de 90 % de rendimiento, por ejemplo, es necesario emplear alrededor de 112 kilogramos, cuyos derechos de Aduana vienen a ser

$$(19.50 \times 2.5) \times 1.12 = 54 \text{ fr. } 60$$

mientras que para importar 100 kilos de refinado se pagaba

$$20 \times 2.5 = 50 \text{ frs.}$$

La diferencia de 4 francos 60 representaba una verdadera prima acordada a la refinación extranjera.

Por decreto de 2 de Noviembre de 1921, se dispuso que los derechos de Aduana de los azúcares brutos destinados a la refinación, se estableciesen sobre la cantidad de refinado que representasen, calculado deduciendo de su riqueza en sacarosa cuatro veces el peso de las cenizas y dos veces el de la glucosa, con la reserva de que el rendimiento no podrá ser inferior al 80 %.

En esta forma, la suma a pagar para introducir en Francia los 112 kilogramos de azúcar bruto de 90 % de rendimiento, necesarios para obtener 100 kilogramos de azúcar refinado, es

$$(19.50 \times 2.5) \times 1.12 \times 90/100 = 49 \text{ fr. } 14$$

Los refinadores franceses vienen a obtener, pues, una protección representada por 0. franco 86, por cada 100 kilogramos de azúcar.

Tal es toda la protección que Francia acuerda a los refinadores franceses que quieran refinar azúcar extranjero.

Se ve que en realidad no trata de proteger tal operación, sino que no hace más que poner al refinador francés en condiciones de poder competir, en el costo de la operación, con los refinadores extranjeros.

DECRETO DE 2 DE NOVIEMBRE DE 1921, DONDE SE ESTABLECE CÓMO SE HAN DE LIQUIDAR LOS DERECHOS APLICABLES A LOS AZÚCARES EXTRANJEROS QUE CONTENGAN MENOS DEL 98 % DE SACAROSA, DESTINADOS A LA REFINACIÓN.

Artículo 1.° La sobretasa de Aduana aplicable a los azúcares brutos en polvo, de origen extranjero, destinados a la refinación y que no tengan más de 98 % de sacarosa, se fija en 19 francos 50 por cada 100 kilogramos de refinado, sin deducción del 1.50 % de desperdicio y con mínimum de rendimiento del 80 %.

Art. 2.° ...

CIRCULAR N.° 83 DE LA ADMINISTRACIÓN DE LAS ADUANAS, DE 3 DE DICIEMBRE DE 1921, ACLARANDO EL ALCANCE DEL DECRETO PRECEDENTE.

La sobretasa de Aduana referente a los azúcares brutos en polvo, de origen extranjero, destinados a la refinación y de menos de 98 °, se percibía hasta ahora sobre el *peso efectivo.*

Según el decreto de 2 de Noviembre de 1921, en adelante dicha sobretasa debe ser liquidada sobre el peso de *refinado* bajo la reserva, por una parte, que no se deducirá el desperdicio del 1.50 % y, por otra parte, que la liquidación no se podrá establecer sobre un rendimiento inferior al 80 %.

ANEXO N.° 13

Tarifas de Aduana de algunos países

Francia. — Azúcares de más de 98 °: 50 francos por cada 100 kilogramos. Azúcar de menos de 98 °: 48 francos 75 por cada 100 kilogramos.

Norte - América. — Azúcar bruto de 96°: $ 2.206 por cada 100 libras.

Argentina. — Azúcar de más de 96°: $ 0.0677 oro por cada kilogramo. Azúcar de menos de 96°: $ 0.045 oro por cada kilogramo.

Chile. — Azúcar de más de 99° 5: $ 9.00 por cada 100 kilogramos. Azúcar de más de 98°: $ 6.00 por cada 100 kilogramos.

España. — Azúcar en general: 85 pesetas por cada 100 kgs.

Cuba. — Azúcar en general: $ 0.75 por cada 100 kgs.

Alemania. — Para el azúcar importado rige, además del impuesto de consumo, que es de 50 marcos por cada 100 kgs., un derecho de entrada cuyo monto queda librado al criterio del Ministro de Hacienda, quien está autorizado hasta para suprimir los derechos de entrada del azúcar. En 1922 el azúcar importado estaba exento de derechos de importación.

Bélgica. — Azúcares en general: 40 francos, por cada 100 kilogramos.

El Gobierno está autorizado para imponer, a más, un gravamen adicional, que nunca podrá pasar de 20 francos por cada 100 kilogramos.

Bolivia. — Azúcares refinados: $ 0.06, por cada kilogramo. Azúcar rubio: $ 0.05 por cada kilogramo.

Bulgaria. — Azúcar cande: 1.20 levas por cada kilogramo. Azúcares refinados: 0.75 levas por cada kilogramo. Azúcares cristalizados: 0.60 levas por cada kilogramo.

Italia. — Azúcar de primera clase: 18 liras oro por cada 100 kilogramos. Azúcar de segunda clase: 12 liras oro por cada 100 kilogramos.

Méjico. — Azúcar ordinario: $ 0.15 por cada kilogramo.

Suiza. — Azúcares brutos: 15 francos por cada 100 kgs. Azúcares en panes, plaquetas, cubos, etc.: 20 francos por cada 100 kilogramos. Azúcar cortado o en polvo fino: 30 francos por cada 100 kilogramos.

ANEXO N.° 15

Régimen aduanero de los azúcares en Norte América

La tarifa en vigor actualmente data de Setiembre de 1922. Por esta tarifa el azúcar centrifugado de 96° paga un derecho de entrada de 2 centésimos 206 por cada libra (1 libra es igual a 453 gramos).

TARIFAS ANTES EN VIGENCIA

Hasta Marzo de 1914 rigió la tarifa siguiente:
Azúcar bruto de 96°: 1 cent. 685 por libra.
Azúcar refinado: 1 cent. 900 por libra.
Desde 1914 hasta 1921 rigió la tarifa siguiente:
Azúcares brutos de menos de 75°: 0 cent.75 por libra. Por grado y fracción de grado en más de 75°: 0.026 por libra.
Un azúcar de 26°, por ejemplo, pagaba:

Por los 75°	0.710	
Por los 21°. . . .	*0.546*	
Total por los 96°. .	1.256	por libra

Y un azúcar de 100°: pagaba

Por los 75°. . . .	0.710	
Por los 25°. . . .	*0.650*	
Total por los 100° .	1.360	por libra

Desde 1921 hasta 1922 rigió la tarifa, denominada de crisis, siguiente:
Azúcar bruto de menos de 75°: 1.16 por libra. Por grado y fracción de grado, en más que 75°: 0.04 por libra.
Un azúcar de 96, por ejemplo, pagaba:

Por los 75°. . . .	1.16	
Por los 21°. . . .	*0.84*	
Total por los 96° . .	2.00	por libra

Y un azúcar de 100. pagaba:

Por los 75°. . . .	1.16	
Por los 25°. . . .	*1.00*	
Total por los 100° .	2.16	por libra

ANEXO N.° 16

Tarifa Mac Kinley, aprobada el 1.° de Octubre de 1890, y que entró en vigor del 1.° de Abril de 1891

CÉDULA E. .... AZÚCAR

231. — Que el primero de Julio de 1891 desde esta fecha se pagará al productor de azúcar que no baje de 90°, según el polariscopio, que sea de betarraga, de sorgo o de caña, y cultivado en los Estados Unidos, un premio de dos centésimos por libra; y para el azúcar de menos de 90° y no menos de ochenta grados, un premio de 3|4 centésimos la libra, según las leyes y disposiciones prescriptas por el director de los Impuestos Internos con la aprobación del Secretario del Tesoro.

232. — Para tener derecho a este premio, el productor de azúcar debe llenar primero antes del 1.° de Julio de cada año, con el Director, una cédula que dé a conocer el lugar de producción con la descripción general de la maquinaria y de los métodos empleados con la estimación de la cantidad de azúcar que se piensa producir en el año corriente o en el venidero, incluyendo el número de arces azucareros que se pien-

sa explotar, obteniendo el permiso correspondiente, después de dar las garantías aprobadas por el Director de los Impuestos Internos según las cuales se observarán fielmente las leyes y los reglamentos fijados para esta clase de industria, y bajo apercibimiento de multas en caso contrario.

233. — El Director de Impuestos Internos, después de haber recibido la petición según lo exige la ley, entregará al solicitante un permiso para la producción de azúcar de sorgo, betarragas, caña, cultivado en los Estados Unidos, o de savia de arce producida en los Estados Unidos en el lugar y con las maquinarias y los métodos descriptos en la petición, pero este permiso no debe exceder un año.

234. — No se dará ningún premio a las personas que refinan azúcar importado a los Estados Unidos o que haya sido producido en los Estados Unidos y recibido ya el premio, ni a ninguna persona a menos que tengan el permiso correspondiente y solamente para el azúcar de sorgo, de betarraga o de arce producido dentro de los Estados Unidos. El Director de los Impuestos Internos, con la aprobación del Secretario del Tesoro, debe hacer todas y extender todas las leyes y reglamentos que estime útiles para la fabricación del azúcar de betarraga, sorgo, caña y arce, cultivados en los Estados Unidos y debe, bajo la dirección del Secretario del Tesoro, ejercer la inspección y vigilancia de esta industria.

235. — Y para el pago de este premio, el Secretario del Tesoro será autorizado para girar en las tesorerías de los Estados Unidos las sumas necesarias, sumas que serán atestiguadas por el Director de los Impuestos Internos, el cual pagará los premios, y como ya se ha dicho, no se pagará ningún premio a las personas con permiso que no hayan producido por lo menos quinientas libras en el año.

236. — Que toda persona de quien se sabe que refina o ayude a refinar azúcar importada en los Estados Unidos o sobre el cual se haya pagado ya el premio o se le haya adjudicado en el lugar indicado en el permiso extendido por el Director de Impuestos Internos, o por cualquiera persona que no tenga derecho a este premio y que lo pidiera o lo cobrara, sea acusada de delito de menor cuantía y después

de probar pague una multa no mayor de cinco mil dólares o declarada reo por un período no más de cinco años a ambas penas según lo disponga la Corte.

237. — Todos los azúcares que pasan de dieciséis "Dutch Standar" en color, pagarán un derecho de 5|10 de centésimo por libra: Dispone que: todos los azúcares con más de dieciséis "Dutch Standard" en color pagarán 1|10 de centésimos por cada libra además de la tasa dispuesta cuando el azúcar ha sido exportado desde algún país, o que el producto de cualquier país reciba de este país un premio de exportación directamente o indirectamente para todo azúcar comprendido en esta clase ya nombrada y que es mayor de lo que se paga para azúcares de menor fuerza sacarina; y el Secretario del Tesoro debe establecer leyes y reglamentos para el fiel cumplimiento de esta disposición; Y dispone que toda la maquinaria comprada para la elaboración de azúcar de betarraga y azúcar bruto entre libremente sin pagar derechos hasta el 1.° de Julio de 1902; Y dispone que todo derecho que hubiera sido pagado sobre maquinarias destinadas a la elaboración de azúcar desde el 1.° de Julio de 1890 sea restituído.

238. — Todos los azúcares elaborados, chocolates, etc., hechos anteriormente digo enteramente o en parte de azúcar que valgan 12 centésimos, o menos por libra y los azúcares coloreados o adulterados de cualquier modo, pagarán cinco centésimos por libra.

239. — Todas las otras preparaciones, incluso los chocolates no comprendidos en esta tarifa pagarán el 50 % ad valorem.

240. — La Glucosa o azúcar de uva, ¾ de centésimos, por libra.

241. — Esta tarifa sobre los azúcares importados y para el pago de premios para los azúcares de producción nacional entrará en vigor el 1.° de Abril de 1891. Dispone que el 1.° Marzo 1891 y desde esta fecha y antes del 1.° de Abril 1891 todos los azúcares que no exceden 16° "Dutch Standard" de color pueden ser refinados sin pagar derechos pero en establecimientos especiales y controlados; y estos azúcares

refinados pueden ser transportados bajo control y almacenados en galpones cerrados y controlados en los lugares de destinación fijados por la ley según lo preveen las leyes y reglamentos establecidos por el Secretario del Tesoro relativos a las mercaderías que deberían pagar derechos y que se transportan lacradas.

ANEXO N.° 17

Ley chilena de protección a la industria azucarera, de 9 de Marzo de 1923

Santiago. 9 de Marzo de 1923.

N.° 310. La Junta de Gobierno, de acuerdo con el Consejo de Secretarios de Estado, ha acordado y dicta el siguiente

DECRETO - LEY

Artículo 1.° El Estado pagará a las fábricas de azúcar que se establezcan en el país y que elaboren materia prima nacional, una prima de producción de treinta centavos, moneda corriente, por cada kilo de azúcar que produzcan, con una riqueza superior a 98 % de sacarosa.

Art. 2.° Tendrán derecho a esta prima las fábricas que se instalen en el país desde la fecha que sea promulgada esta ley y durante el plazo de ocho años y sólo hasta completar una capacidad productora de veinte mil toneladas en total. No gozarán de beneficio de primas las fábricas que se establezcan después de llenada dicha producción.

Art. 3.° Para tener derecho a la prima, es necesario que cada fábrica que se instale tenga una capacidad de producción de mil toneladas a lo menos de azúcar de 96 % de pureza en sacarosa por año de trabajo, y que esta instala-

ción se haga en las zonas que determine el Gobierno con este fin y de acuerdo con los reglamentos que se dicten para el cumplimiento de esta ley.

Art. 4.° La prima de treinta centavos estipulada en el artículo 1.° se pagará a cada fábrica que se establezca, desde que inicie su producción, durante un período de diez años, con cargo a los fondos que se consultarán anualmente en la ley de Presupuestos con ese objeto.

Art. 5.° El Presidente de la República queda autorizado para reducir a escritura pública los contratos de pago de primas con las personas o compañías que ofrezcan implantar esta industria y se acojan a los beneficios de esta ley de acuerdo con los reglamentos respectivos.

Art. 6.° El presente Decreto-Ley regirá desde el 1.° de Abril de 1925.

Tómese razón, comuníquese, publíquese e insértese en el Boletín de las Leyes y Decretos del Gobierno.

Emilio Bello C. — C. A. Ward. — Pedro P. Dartnell. — Claudio Vicuña.